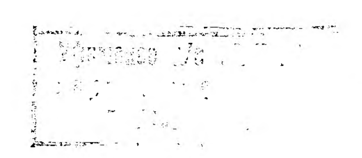
А. С. КОКОРЕВ

ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЬ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Одобрено
Ученым советом Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебника для технических училищ







МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1983

ББК 31.261
К 59
УДК 621.313

Рецензент:
инж. Б. К. Филиппов (Центральное конструкторско-технологическое бюро по ремонту электрооборудования)

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по адресу: *101430, Москва, Неглинная ул., 29/14, Издательство «Высшая школа».*

Кокорев А. С.

К 59 Электрослесарь по ремонту электрических машин: Учебник для техн. училищ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1983. — 216 с., ил. — (Профтехобразование).

30 к.

В книге описаны устройство электрических машин постоянного и переменного тока и составляющих их элементов, процессы разборки, сборки и ремонта сборочных единиц машин и пускорегулирующих аппаратов, а также методы испытаний в процессе ремонта и после него. Освещены вопросы организации ремонта электрических машин и стандартизации.

Второе издание дополнено описанием современных серий электрических машин и способов их ремонта, сведениями по стандартизации и контролю качества продукции.

$К\frac{2302030000-242}{052(01)-83}$ 4 — 83

ББК 31.261
6П2.1.081

Александр Сергеевич Кокорев

ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЬ
ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Редактор *Е. А. Варшавская.* Художник *Ю. И. Артюхов.* Художественный редактор *Т. В. Панина.* Технический редактор *Р. С. Родичева.* Корректор *Л. А. Исаева*

ИБ № 4051

Изд. № ЭГ-26. Сдано в набор 20.10.82. Подписано в печать 21.04.83. Т-03774. Формат $84\times108^1/_{32}$. Бум. кн-журн. Гарнитура таймс. Печать высокая. Объем 11,34 усл. печ. л. 11,55 усл. кр.-отт. 12,89 уч.-изд. л. Тираж 90 000 экз. Заказ № 635. Цена 30 к.

Издательство «Высшая школа», Москва, К/51, Неглинная ул., д. 29/14

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский просп., 15.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В решениях XXVI съезда КПСС уделяется большое внимание организации ремонта оборудования. Предусматривается дальнейшее развитие централизованного ремонта и увеличение производства запасных частей. Эти мероприятия не только уменьшат трудозатраты на ремонт, но и поднимут качество отремонтированных изделий.

Современный электропривод, на долю которого приходится до 63% общего потребления электроэнергии в стране, является важнейшим средством механизации и автоматизации производственных процессов. Основным звеном электропривода служит электродвигатель – средство преобразования энергии. Перед электротехнической промышленностью поставлена задача: быстрыми темпами развивать производство крупных электрических машин, электрических машин малой мощности, высоковольтной и низковольтной электрической аппаратуры, электрооборудования высокой надежности для механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства и других видов прогрессивного электротехнического оборудования. Надежность и долговечность машин в эксплуатации в значительной степени определяют технический уровень производства в любой отрасли. Эксплуатационная надежность электрических машин зависит не только от качества их изготовления, но и от правильного технического обслуживания и своевременного ремонта.

В настоящее время, несмотря на непрерывный рост производства электрических машин, потребность в них не может быть полностью удовлетворена без организации качественного и своевременного ремонта, являющегося средством продления жизни машин. Предприятия, занимающиеся в настоящее время ремонтом десятков миллионов находящихся в эксплуатации электрических машин, постоянно нуждаются в квалифицированных кадрах электрослесарей-ремонтников.

Ремонт электрической машины в ряде случаев связан с ее модернизацией. В соответствии с конкретными требованиями совершенствуется ее конструкция, повышается надежность и безопасность обслуживания, изменяются параметры в нужном направлении (частота вращения, мощность, напряжение и т. д.). Это требует привлечения к ремонтным работам квалифицированных рабочих.

Глава I

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

Электрооборудование – это совокупность электротехнических устройств, в которых при их работе производится, преобразуется, передается, распределяется или потребляется электрическая энергия.

К электротехническим устройствам относятся электрические машины и аппараты, трансформаторы, электрические печи, электромагниты, осветительные приборы и т. д.

В зависимости от назначения предусматривают различные виды электрооборудования. Электрооборудование общего назначения изготовляют для нормальных условий эксплуатации. Специальное электрооборудование выполняют с учетом специфических требований: холодостойкое – для районов с холодным климатом, тропического исполнения – для стран с тропическим климатом, влагостойкое – для условий повышенной влажности окружающей среды, химически стойкое – для химически агрессивных сред, погружное – для эксплуатации в погруженном в жидкость состоянии. Применяемые в электротехнических устройствах материалы, в первую очередь изоляция, а также защитные покрытия должны в зависимости от условий, для которых предназначены эти устройства, выдерживать воздействие высоких температур, влажности, сильных морозов, паров кислот, щелочей и других факторов.

Внутренние части электрооборудования защищают от соприкосновения с ними обслуживающего персонала, а также от неблагоприятного воздействия окружающей среды, в первую очередь от воды (водяных капель, дождя, водяных струй).

Открытое и защищенное электрооборудование предназначено для установки в закрытых помещениях. Защищенное изготовляют со специальными устройствами (щитками, колпаками, решетками) для защиты от прикосновения к его токопроводящим и движущимся частям обслуживающего персонала и случайного попадания внутрь его посторонних предметов. Откры-

тое электрооборудование такой защиты не имеет и устанавливается в специальных залах, куда кроме обслуживающего персонала никто не допускается.

Каплезащищенное, брызгозащищенное и водозащищенное электрооборудование может эксплуатироваться при воздействии на него воды. Каплезащищенное может работать при попадании на него капель, падающих вертикально или под углом не более 60° к вертикали. Брызгозащищенное электрооборудование применяется для наружной установки. Оно защищено от брызг любого направления: верхние отверстия закрываются глухими крышками, боковые – жалюзи.

Кроме того, выпускают водозащищенное, закрытое, взрывозащищенное, герметичное и другое электрооборудование. Водозащищенное может работать при обливании его водой в виде струй любого направления. Закрытое предназначается для работы в запыленной атмосфере; внутреннее пространство сообщается с окружающей средой только через неплотности соединений между его отдельными частями. Взрывозащищенное электрооборудование устанавливают во взрывоопасных помещениях, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов. Оно устроено таким образом, что взрыв внутри его корпуса не передается через зазоры между деталями машины во внешнюю среду. В герметичном электрооборудовании внутреннее пространство надежно отделено от окружающей среды.

В зависимости от вида окружающей среды различают водонепроницаемое, пыленепроницаемое и газонепроницаемое оборудование.

ГОСТ 17494–72 на электрические машины устанавливает степень защиты персонала от соприкосновения с токопроводящими или движущимися частями, находящимися внутри машины, от попадания твердых посторонних тел и воды.

Электродвигатели общего применения в основном изготовляют двух степеней защиты: *IP*23 (или *IP*22 для двигателей постоянного тока) и *IP*44. Первая из них характеризует машины в защищенном исполнении, вторая – в закрытом.

Буквенно-цифровое обозначение степени защиты состоит из латинских букв *IP* (начальные буквы английских слов International Protection) и двух цифр. Первая из этих цифр характеризует степень защиты персонала от соприкосновения с токопроводящими и вращающимися частями, находящимися внутри машины, а также степень защиты самой машины от попадания в нее твердых посторонних тел; вторая цифра – от проникновения воды внутрь машины.

В обозначении $IP23$ первая цифра 2 указывает, что в машине обеспечена защита от возможного соприкосновения пальцев человека с токопроводящими и движущимися частями и попадания внутрь твердых посторонних тел диаметром не менее 12,5 мм. Цифра 3 указывает на обеспечение защиты от дождя, падающего на машину под углом не более 60° к вертикали, а в обозначении $IP22$ вторая цифра – от капель воды, падающих под углом не более 15° к вертикали.

В обозначении $IP44$ первая цифра 4 указывает на обеспечение защиты от соприкосновения инструмента, проволоки и других подобных предметов толщиной более 1 мм с токопроводящими частями внутри машины, а также от попадания внутрь предметов размерами не менее 1 мм. Вторая цифра 4 обозначает защиту от водяных брызг любого направления.

Надежность электродвигателей в большой степени зависит от того, насколько в их конструкции и исполнении предусмотрена способность противостоять воздействию климатических факторов внешней среды. К климатическим факторам относятся: температура, влажность воздуха, давление воздуха или газа (высота над уровнем моря), солнечная радиация, дождь, ветер, пыль (в том числе снежная), резкая смена температуры воздуха, соляной туман, иней, действие плесневых грибов и т. д. Исполнения двигателей для различных климатических районов установлены ГОСТ 15150–69 и ГОСТ 15543–70. В конце условного буквенно-цифрового обозначения типоразмера двигателя ставится буква, указывающая на исполнение двигателя для климата: У – умеренного, ХЛ – холодного, ТВ – тропического влажного, ТС – тропического сухого, Т – тропического, как влажного, так и сухого, О – для всех районов на суше (общеклиматическое исполнение), М – умеренно холодного морского, ТМ – тропического морского, ОМ – для неограниченных районов плавания (общеклиматическое морское), В – для всех районов на суше и на море.

В обозначении электродвигателя после буквы может быть поставлена цифра, характеризующая категорию исполнения в зависимости от места размещения двигателя в эксплуатации: 1 – для работы на открытом воздухе, 2 – для открытых помещений со свободным доступом наружного воздуха, 3 – для закрытых помещений, 4 – для закрытых отапливаемых и вентилируемых помещений, 5 – для помещений с повышенной влажностью.

Двигатели общего назначения обычно изготовляют для работы в районах с умеренным климатом – исполнение У, категории размещения 3 и 4 (У3 и У4).

Специальные стандарты устанавливают дополнительные требования к климатическим исполнениям электрических машин. Так, например, в ГОСТ 15963—79 на электротехнические изделия для районов с тропическим климатом дается перечень допустимых к применению материалов, методы испытаний и т. д.

§ 2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В электрических машинах преобразование энергии происходит с помощью проводников, перемещающихся в магнитном поле. Проводники, соединенные в определенной последовательности, образуют обмотку *6* (рис. 1), которую размещают в пазах *13* сердечника *4* ротора или статора. Магнитное поле создается электромагнитами или постоянными магнитами. Обмотки электромагнитов *12*, называемые обмотками возбуждения, располагаются вокруг сердечников *11* полюсов.

Сердечники и обмотки в электрических машинах служат непосредственно для преобразования энергии, поэтому их называют также активными частями в отличие от конструктивных частей (корпусов, щитов, валов и других сборочных единиц и деталей, которые обеспечивают крепление активных частей).

Обмотку электрической машины, которая присоединяется к внешней сети, называют *якорной*, систему электромагнитов с обмотками возбуждения, создающих магнитное поле,— *индуктором*. Часть машины, на которой расположена якорная обмотка, называют *якорем*. Неподвижную часть электрической машины принято называть *статором*, вращающуюся — *рото-*

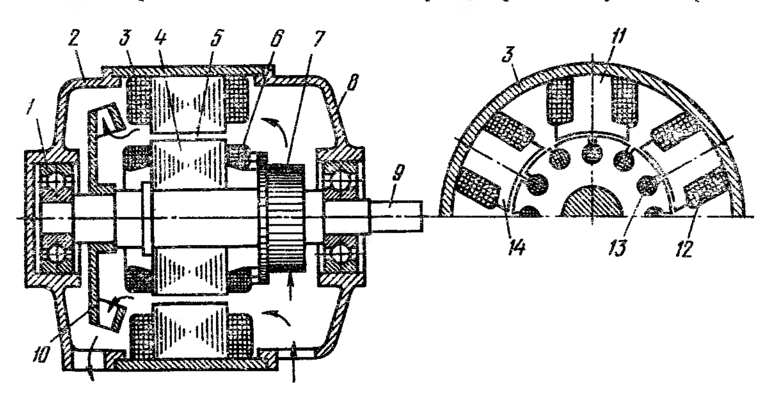


Рис. 1. Элементы конструкции электрической машины

ром. Статор и ротор разделены воздушным зазором *5*. В машине постоянного тока к сети через коллектор *7* и щетки подсоединяется обмотка ротора, поэтому ее ротор называют якорем. В синхронных машинах якорная обмотка обычно располагается на статоре, а индуктор – на роторе.

Полюс состоит из сердечника *11* и наконечника *14*, который представляет собой расширенную часть полюса, обращенную в сторону воздушного зазора. Сердечник *4*, вентилятор *10*, коллектор и подшипники *1* насаживаются на вал *9*.

Сердечники электрических машин пронизываются постоянным или переменным магнитным потоком. По сердечникам якорей всегда проходит переменный поток. Поэтому для уменьшения потерь от вихревых токов они выполняются шихтованными из листовой электротехнической стали. Массивными могут изготовляться полюса машин постоянного тока и синхронных машин, а также роторы асинхронных двигателей, частота магнитного поля в которых относительно невелика.

Основным конструктивным элементом статора является корпус *3* (станина), в котором закрепляется сердечник или полюса с обмоткой. В машинах относительно малых размеров корпуса изготовляют литыми. В больших машинах оказывается более дешевой в производстве и более легкой сварная конструкция. С торцов к корпусу крепятся подшипниковые щиты *2* и *8* с подшипниками *1*, в которых вращается ротор. В крупных машинах применение подшипниковых щитов оказывается невыгодным из-за их большой массы, поэтому подшипники закрепляют в стояках на фундаменте, на котором устанавливают также статор машины. У малых машин в некоторых случаях корпус отливают с торцевой стенкой. Машина в этом случае имеет один подшипниковый щит.

Охлаждение машины обычно осуществляется вентилятором *10*. Воздух проходит через вентиляционные каналы в роторе, статоре и коллекторе, охлаждая обмотки, сердечники и другие нагретые части.

Электрические машины обладают свойством обратимости, т. е. могут работать как в генераторном, так и в двигательном режимах. Однако в большинстве случаев их изготовляют для какого-либо одного режима. Это позволяет лучше приспособить машину к требуемым условиям работы, уменьшить ее массу, габариты и повысить кпд.

По устройству электрические машины принято разделять на коллекторные и бесколлекторные. Коллекторные машины чаще всего используют для работы на постоянном токе в качестве генераторов и двигателей. Реже применяют коллекторные ма-

шины на переменном токе, главным образом в качестве электродвигателей сравнительно небольшой мощности.

Машины постоянного тока имеют сложный в изготовлении коллектор, который требует тщательного ухода в эксплуатации и удорожает машину. Их применяют там, где требуются плавное регулирование частоты вращения в широких пределах, частые пуски и реверсы,* большие пусковые моменты. Наибольшее распространение машины постоянного тока получили в металлургической промышленности для привода прокатных станов, а также шахтных подъемников, экскаваторов, трамваев, троллейбусов, тепловозов.

Асинхронные машины наиболее просты по своей конструкции и получили наиболее широкое распространение в качестве двигателей. Их изготовляют мощностью от десятков ватт до сотен и тысяч киловатт. Только низковольтные асинхронные двигатели потребляют более 40% всей электрической энергии, вырабатываемой в нашей стране.

Синхронные машины применяют в качестве генераторов и двигателей. Синхронные генераторы мощностью от 1 МВт и более – турбогенераторы на тепловых станциях и гидрогенераторы на гидроэлектростанциях – являются основными источниками электрической энергии. Генераторы малой мощности от единиц до десятков киловатт используют для передвижных электростанций с двигателями внутреннего сгорания. Синхронные двигатели мощностью от нескольких сотен до десятков тысяч киловатт предназначаются для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения (компрессоры, насосы, вентиляторы, шаровые мельницы). Они способны, отдавая в сеть реактивную мощность, повышать $\cos\varphi$ нагрузки, что при мощности в сотни киловатт и более дает существенную экономию электроэнергии.

Крепление электрических машин на месте их установки осуществляется с помощью лап, фланцев и других имеющихся на ней элементов. Конструктивные исполнения электрических машин по способу монтажа определяются наличием тех или иных крепящих элементов, расположением оси машины (горизонтальное или вертикальное), подшипников (в щитах или на стояках) и устанавливаются СТ СЭВ** 246–76.

Наиболее распространена горизонтальная машина на лапах (рис. 2) с двумя или одним подшипниковым щитом для монтажа на полу. Ее условное обозначение по стандарту *IM* 1001

---

* Реверс – изменение направления вращения.

** СТ СЭВ – стандарт Совета Экономической Взаимопомощи.

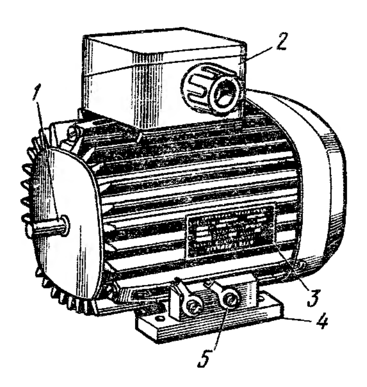


Рис. 2. Асинхронный двигатель 4АА56А:

1 – конец вала, *2* – коробка выводов, *3* – табличка, *4* – лапа, *5* – наконечники для заземления

(табл. 1). Машина на лапах может быть также предназначена для установки на стене концом вала вверх или вниз (исполнения *IM* 1011 и *IM* 1031) и для крепления лапами к потолку с горизонтальным положением вала (*IM* 1071). Машины на лапах имеют также исполнения с большим (больше диаметра корпуса) или малым фланцем (исполнения *IM* 2001 и *IM* 2101), за который они крепятся к горизонтальной или вертикальной поверхности. Крепящие болты проходят через отверстия во фланце. При фланцевом креплении лапы могут вообще отсутствовать, а фланец располагаться со стороны конца вала или с противоположной стороны. Машины с двумя концами валов могут быть выполнены с двумя фланцами (*IM* 2202).

Таблица 1. **Основные конструктивные исполнения и способы монтажа электрических машин**

Конструктивное исполнение	Способы монтажа. Условное обозначение машины
На лапах с двумя подшипниковыми щитами	JM1001 JM1011 JM1031 JM1071
На лапах с фланцем на подшипниковом щите	JM2001 JM2202 JM2101
Со стояковыми подшипниками и подшипниковыми щитами (обозначение *IM* 6010) или без них (обозначение *IM* 7211)	JM6010 JM7211

Машины на лапах с двумя подшипниковыми щитами могут изготовляться с дополнительным стояковым подшипником, который снижает нагрузку на подшипник в щите со стороны выходного конца вала (исполнение *IM* 6010).

Крупные машины с наружным диаметром статора более 1 м изготовляют обычно без щитов. Подшипники устанавливают на специальных стояках на общей фундаментной плите вместе с машиной или отдельно. Машины без щитов имеют исполнения с одним или двумя (*IM* 7211) стояковыми подшипниками. Машины со стояковыми подшипниками мощностью в сотни и тысячи киловатт (крупные машины) изготовляют с горизонтально расположенным валом и креплением лапами вниз.

Вертикальные машины большой мощности имеют исполнения с одним или двумя направляющими подшипниками, с направляющими подшипниками и подпятником, воспринимающим массу ротора. Подпятник может быть расположен выше корпуса ротора – подвесное исполнение или ниже – зонтичное.

Электрические машины изготовляют с одним или двумя концами вала, а также без выступающих концов (табл. 2).

Таблица 2. **Цифровое обозначение исполнений конца вала**

Четвертая цифра в обозначении	Исполнение
0	Без ковца вала
1	С одним цилиндрическим концом вала
2	С двумя цилиндрическими концами вала
3	С одним коническим концом вала
4	С двумя коническими концами вала
5	С одним фланцевым концом вала
6	С двумя фланцевыми концами вала

Концы валов могут быть цилиндрическими, коническими, фланцевыми. Без выступающих концов валов выпускают различные преобразователи электрической энергии, состоящие из двигателя и генератора, объединенных в одном корпусе, роторы которых насаживаются на один вал.

Четвертая цифра в обозначении конструктивного исполнения машины по способу монтажа обозначает форму конца вала (см. табл. 2). Например, электрическая машина с лапами, двумя подшипниковыми щитами и одним коническим концом вала, устанавливаемая горизонтально лапами вниз, обозначается *IM* 1003.

§ 3. ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В электрической машине при ее работе часть электрической и механической энергии превращается в тепло. В первую очередь нагреваются обмотки проходящим по ним током. Сердечники, по которым проходит переменный магнитный поток, нагреваются вихревыми токами, а коллектор, контактные кольца и подшипники – потерями трения. Кроме того, происходит нагревание вращающихся частей за счет трения их о воздух.

Чрезмерное повышение температуры может привести к быстрому износу и разрушению материалов, из которых изготовлены детали машины. Наиболее чувствительна к повышению температуры изоляция обмоток, поэтому обмотки в первую очередь нуждаются в охлаждении.

Способ охлаждения машины определяется ее мощностью и защитой от окружающей среды. В микромашинах теплоотдающая поверхность сравнительно велика по отношению к ее объему, поэтому они обычно не нуждаются в специальных вентиляционных устройствах. Для их охлаждения достаточно, как правило, естественной теплоотдачи в окружающую среду. Машины мощностью в сотни ватт и более обычно охлаждаются вентилятором *3* (рис. 3, *а* – *в*), установленным на валу; вместо

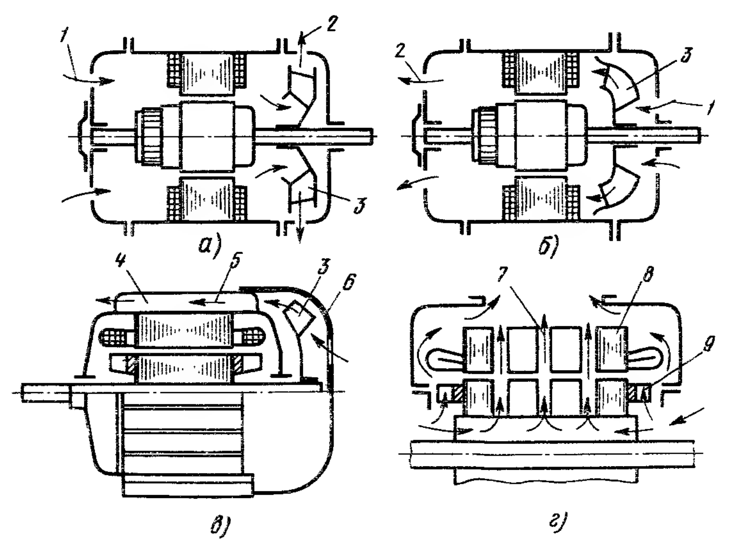


Рис. 3. Самовентилируемые машины с вытяжной (*а*), нагнетательной (*б*), обдувом наружной поверхности (*в*) и радиальной (*г*) вентиляцией

вентилятора иногда к торцам ротора крепят вентиляционные лопатки *9* (рис. 3, *г*). Охлаждающий воздух проходит по вентиляционным каналам в статоре, роторе, коллекторе, охлаждая обмотки, сердечники и другие нагретые части машины. Воздушные струи в первую очередь стараются направить на обмотки, так как они являются наиболее нагретой частью машины.

В зависимости от места расположения вентилятора различают вытяжную и нагнетательную системы вентиляции. В первом случае вентилятор устанавливают в месте выхода воздушного потока *2* (рис. 3, *а*) из машины, во втором – в месте входа *1* (рис. 3, *б*). При вытяжной вентиляции холодный воздух сначала охлаждает нагретые части, а при нагнетательной – сначала проходит через вентилятор, где подогревается на 3–7 °С за счет трения о лопатки.

Воздушные потоки могут быть направлены параллельно оси машины или расходиться радиально от оси. В зависимости от этого различают осевую (рис. 3, *а*, *б*) и радиальную (рис. 3, *г*) системы вентиляции. В крупных электрических машинах при радиальной системе сердечники статоров и роторов изготовляют из пакетов *8*, разделенных радиальными вентиляционными каналами *7*. Воздух по каналам прогоняется распорками, выполненными в виде пластинок, которые устанавливают между пакетами так же, как лопатки вентилятора. В малых машинах радиальные вентиляционные каналы могут отсутствовать. Роль вентилятора в них играют лобовые части роторных обмоток, увлекающие за собой при вращении частицы воздуха, или вентиляционные лопатки, которые устанавливают на торцах ротора.

Наружная поверхность машины закрытого исполнения обдувается вентилятором *3* (рис. 3, *в*), установленным на консольном конце вала за подшипниковым щитом. Поток воздуха *5* направляется кожухом *6* на наружную часть корпуса с ребрами *4*, увеличивающими поверхности теплоотдачи. Для передачи тепла от внутренних частей к корпусу в закрытых машинах организуется внутренняя циркуляция воздуха с помощью лопаток на роторе или дополнительного вентилятора, установленного внутри машины.

В открытых машинах охлаждающий воздух непосредственно омывает теплоотдающие поверхности нагретых частей, в закрытых – теплопередача происходит через промежуточные элементы; например, тепло от лобовых частей обмотки статора передается через воздух, находящийся внутри машины, затем через корпус. Теплосъем происходит лишь с наружной поверх-

ности корпуса. Из-за ухудшения охлаждения тепловыделяющих частей закрытые машины имеют меньшую мощность по сравнению с открытыми при одинаковых размерах и массе. Их применяют в тех случаях, когда внутренняя полость машины должна быть защищена от попадания в нее пыли, влаги, грязи.

В закрытых машинах большой мощности часто применяют независимую вентиляцию, при которой охлаждающий воздух прогоняется через машину вентилятором, установленным вне машины и приводимым во вращение отдельным электродвигателем. Частота вращения вентилятора в этом случае не зависит от частоты вращения охлаждаемой машины, поэтому независимую вентиляцию применяют в первую очередь для тихоходных машин, в которых скорость движения воздуха при самовентиляции оказывается недостаточной. Независимая вентиляция может быть протяжной или замкнутой. При протяжной вентиляции воздух поступает из окружающей среды и выбрасывается наружу. На входном отверстии устанавливают фильтр для очистки воздуха от пыли. В замкнутой системе воздух или другой охлаждающий машину газ не выбрасывается наружу, а циркулирует по замкнутому контуру, проходя через охладитель и опять поступая по трубам в машину.

В качестве охлаждающего газа в машинах мощностью более 20000 кВт с замкнутой системой вентиляции применяют водород. Водородное охлаждение более интенсивно, чем воздушное, благодаря большей теплоемкости водорода. Снижаются также потери на вентиляцию, так как водород в 14 раз легче воздуха. Для охлаждения электрических машин применяют также воду, масло и другие жидкости.

В крупных электрических машинах применяют непосредственное (внутреннее) охлаждение обмоток. Водород или вода проходят внутри полых проводников. Такой метод является наиболее эффективным. Водяное охлаждение обмоток статора применено, например, для гидрогенераторов Красноярской ГЭС, полное водяное охлаждение (вода охлаждает обмотки статора и ротора) использовано в гидрогенераторах Саяно-Шушенской ГЭС.

§ 4. СЕРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В настоящее время электрические машины общего назначения выпускают в виде серий, т. е. ряда машин возрастающей мощности, объединенных общностью конструкции и технологии, с широкой унификацией сборочных единиц и деталей и предназначенных для массового производства.

Первые серии асинхронных двигателей ДАО, ДАО-2, Т, МТ были разработаны в 1920–1930 гг. заводами «Электросила» и ХЭМЗ (Харьковский электромеханический завод). Позднее были созданы серии асинхронных двигателей, например, И2, АД, МА-200, АМ, каждая из которых охватывала лишь определенные сравнительно узкие диапазоны мощностей. Серии разрабатывались различными электромашиностроительными заводами, поэтому конструкции двигателей близких мощностей и исполнений разных серий имели свои особенности. Это создавало большие трудности при производстве и особенно при замене двигателей в эксплуатации, так как двигатели разных серий при одной и той же мощности и частоте вращения могли иметь разные присоединительные и установочные размеры. Поэтому были созданы единые для всей страны серии электрических машин, изготовляемых на разных электромашиностроительных заводах по одним и тем же чертежам.

Первая в мировой практике единая серия асинхронных трехфазных двигателей А, АО мощностью от 0,6 до 100 кВт была создана и внедрена в производство в 1946–1951 гг. Число типоразмеров двигателей в этом диапазоне мощностей сократилось со 179 до 14. Единая серия двигателей А, АО заменила восемь разрозненных серий. Благодаря широкой унификации уменьшился ассортимент материалов, обмоточных проводов, создались возможности для централизованного производства запасных частей.

В дальнейшем в связи с развитием электропривода возникла необходимость в увеличении числа ступеней шкалы мощностей, появилась потребность в дополнительных модификациях и специальных исполнениях асинхронных машин. В 1957–1959 гг. была разработана вторая единая серия асинхронных двигателей А2, АО2, позднее – третья А3, АО3.

В настоящее время освоена в производстве четвертая серия – 4А, соответствующая современному мировому уровню, имеющая более широкую унификацию сборочных единиц и меньшие габариты.

Благодаря непрерывному развитию электромашиностроения и смежных отраслей промышленности, появлению новых более теплостойких и механически прочных электроизоляционных материалов с малой толщиной и совершенных технологических процессов каждая из новых серий машин обладает более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с предыдущими.

В обозначении типа асинхронного двигателя в первых трех сериях буква А означает асинхронный двигатель в защищенном

исполнении, АО – в закрытом обдуваемом; первая цифра после букв – номер серии. Цифра после первого дефиса характеризует типоразмер: первая – габарит (условный номер наружного диаметра сердечника статора), вторая – условный номер его длины. Цифра после второго дефиса соответствует числу полюсов. Например, АО2-62-4 – асинхронный трехфазный электродвигатель в закрытом обдуваемом исполнении, второй единой серии 6-го габарита, 2-й длины, четырехполюсный.

Двигатели единых серий А, АО и А2, АО2 основного исполнения имеют короткозамкнутый ротор с литой алюминиевой обмоткой. На их базе выпускается ряд модификаций двигателей. При обозначении модификации к буквенной части добавляется буква для электродвигателей: с повышенным пусковым моментом – П (например, АОП2-62-4); с повышенным скольжением – С; для текстильной промышленности – Т; с фазовым ротором – К.

Асинхронные двигатели с повышенным пусковым моментом предназначены для привода механизмов с большими нагрузками в период пуска. Двигатели с повышенным скольжением применяют для механизмов с неравномерным ударным характером нагрузки и большой частотой пусков и реверсов.

Для двигателей общего назначения с алюминиевой обмоткой статора в конце обозначения добавляется буква А (например, АО2-42-4А).

В двигателях на несколько частот вращения в цифровое обозначение числа полюсов вносят все их значения, разделенные косыми линиями, например, АО-94-12/8/6/4 – трехфазовый асинхронный двигатель первой серии 9-го габарита, 4-й длины на 12, 8, 6 и 4 полюса.

Буква Л (например, АОЛ2-21-6) обозначает, что корпус и щиты отлиты из алюминиевого сплава.

Новая единая серия 4А охватывает трехфазовые двигатели мощностью от 0,06 до 400 кВт с высотами осей вращения от 55 до 355 мм.

Обозначение типа электродвигателя этой серии (например, 4АА90LB8У3) расшифровывается так: 4 – номер серии; А – асинхронный закрытый обдуваемый (защищенные обозначаются АН); А (вторая буква) – алюминиевая станина и щиты (Х – алюминиевая станина и чугунные щиты; если станина и щиты чугунные, никакого обозначения не дается); 90 – высота оси вращения (расстояние от оси вращения ротора до установочной поверхности), мм; S, M, L – условное обозначение установочного размера (расстояния между осями отверстий под кре-

пежные болты в лапах) по длине станины двигателей с одинаковыми высотами оси вращения (S – малая длина, M – средняя, L – большая); A, B – длина сердечника (входит в обозначение в том случае, если на одном установочном размере предусмотрены две длины сердечника и соответственно две мощности); 2, 4, 6, 8, 10, 12 – число полюсов; У – климатическое исполнение (для умеренного климата); 3 – категория исполнения (для закрытых помещений).

Двигатель имеет короткозамкнутый ротор. У двигателей с фазовым ротором в обозначении присутствует буква К (например, 4АНК31510У3).

Двигатели серии 4А выпускают на следующие номинальные напряжения, В:

220 или 380 – мощностью от 0,06 до 0,37 кВт;

220, 380 или 660 – мощностью от 0,55 до 11 кВт;

220/380 или 380/660 – мощностью от 15 до 110 кВт;

380/660 – мощностью от 132 до 400 кВт.

Двигатели мощностью до 11 кВт изготовляют с тремя выводными концами или по заказу потребителя – с шестью. Соединение фаз – треугольник или звезда. Кроме того, по заказу потребителя двигатели могут быть изготовлены на другие стандартные напряжения.

Двигатели четвертой серии имеют в среднем меньшую (на 18%) массу, чем двигатели второй; меньшие габариты при равной мощности, бо́льшие пусковые моменты, меньшие уровни шума и вибраций. Например, при мощности 4 кВт и числе полюсов $2p = 4$ двигатели различных серий имеют следующие массы: АО-51-4 – 83 кг; АО2-41-4 – 62 кг, 4А100L4 – 41 кг.

Асинхронные и синхронные машины мощностью выше 400 до 1000 кВт, а также мощностью выше 1000 кВт изготовляют также в виде единых серий. Крупные асинхронные машины объединены в серии вместе с синхронными. Это позволяет получить значительную экономию при их совместном производстве, так как эти машины имеют одинаковую конструкцию ряда сборочных единиц (статоров, подшипников, коробок выводов и др.).

Кроме серий асинхронных двигателей общего назначения в СССР разработана и внедрена единая всесоюзная серия взрывозащищенных и рудничных двигателей ВАО, осваивается новая серия двигателей серии В (взрывозащищенные) и ВР (рудничные), врубово-комбайновые серии ЭВВ и др. Краново-металлургические асинхронные двигатели объединены в серии МТ (с фазовым ротором) и МТК (с короткозамкнутым ротором).

Для привода крановых механизмов применяют трехфазовые асинхронные электродвигатели и электродвигатели постоянного тока. Наибольшее применение находят асинхронные электродвигатели с фазовым ротором, обеспечивающие регулирование частоты вращения и плавный пуск при большой нагрузке на валу. В тех случаях, когда требуется широкое и плавное регулирование частоты вращения, применяют электродвигатели постоянного тока.

Первые серии машин постоянного тока – ПН мощностью до 200 кВт и МП мощностью выше 200 кВт – были разработаны и освоены советскими электромашиностроителями к 1932 г. В 1954–1956 гг. была разработана первая единая серия П.

Машины серии П мощностью до 200 кВт изготовляют в закрытом и защищенном исполнениях. Защищенные машины обозначают буквой П, закрытые с естественным охлаждением – ПБ, закрытые с наружным обдувом – ПО. Первое однозначное или двузначное число, следующее после буквы, обозначает порядковый номер габарита, последняя цифра – порядковый номер длины сердечника якоря.

Серии машин постоянного тока, как показывает практика, заменяются или коренным образом модернизируются через 15–20 лет. Выпуск новой единой серии 2П начат в 1975 г. В этой серии масса двигателей снижена на 10–20%, значительно повышена их надежность.

Принцип серийного выпуска машин оказывает существенное влияние на организацию их ремонта. Значительно сокращается номенклатура запасных частей, обмоточных проводов, изоляционных материалов. Появляется возможность увеличения производительности труда на ремонтных заводах за счет внедрения высокопроизводительного оборудования, организации производственных процессов по образцу электромашиностроительных заводов.

§ 5. АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Большинство современных асинхронных двигателей выпускают в закрытом исполнении, благодаря чему их надежность повышается в 1,5–2 раза по сравнению с защищенными машинами. В единой серии 4А все двигатели с высотой оси вращения менее 160 мм выпускают в закрытом исполнении (условное обозначение степени защиты *IP*44).

Охлаждение закрытых машин осуществляется вентилятором *16* (рис. 4), установленным снаружи на конце вала *2* со сто-

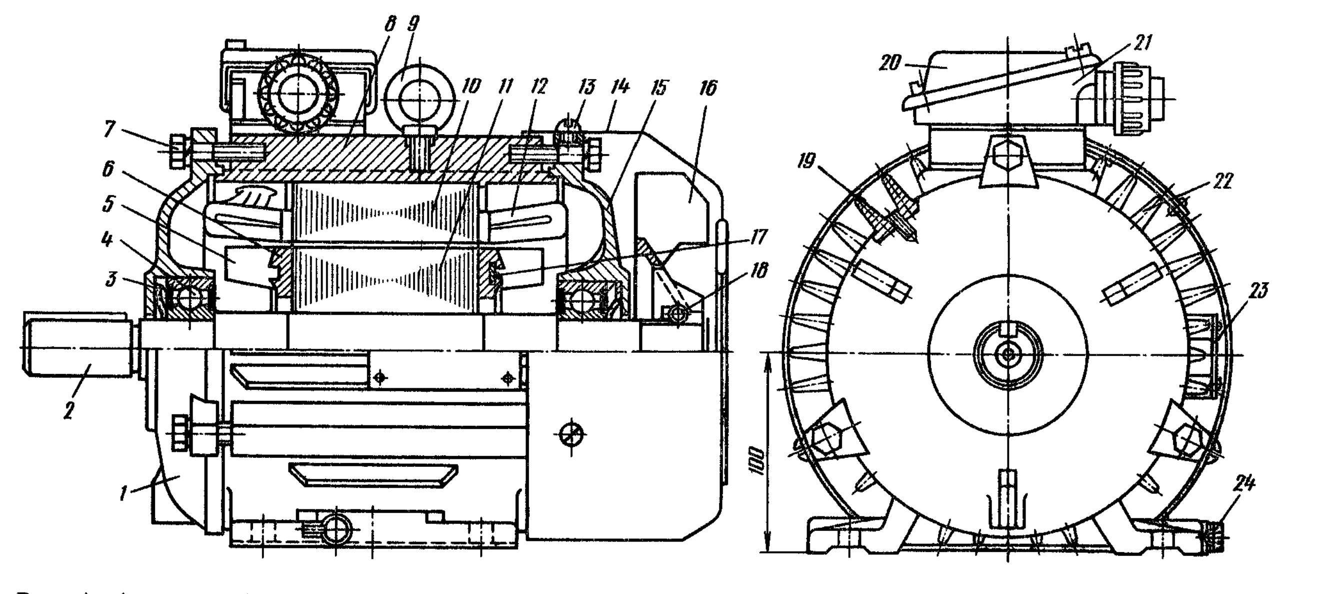


Рис. 4. Асинхронный двигатель серии 4А с короткозамкнутым ротором и высотой оси вращения 100 мм

роны, противоположной приводу. Поток воздуха, создаваемый вентилятором, направляется кожухом *14* вдоль наружной поверхности станины *8*, на которой расположены ребра *22* для увеличения поверхности теплоотдачи. В нижней части станины ребра укорочены, что позволяет уменьшить высоту оси вращения. Кожух крепится к щиту двигателя винтами *13* и имеет в торцевой части отверстия, через которые вентилятором засасывается воздух.

Сердечник *10* статора для уменьшения потерь на вихревые токи набран из листов электротехнической стали и скрепляется в продольном направлении скобами или сварными швами. Сердечник в станине закреплен стопорными винтами *19*, которые препятствуют его провороту и перемещению в продольном направлении. Винты ввертываются в отверстия, просверленные и нарезанные после запрессовки сердечника в станину.

В пазы сердечника статора уложена обмотка *12*. В двигателях на напряжение до 660 В с высотой оси вращения 50–250 мм она выполняется из круглого обмоточного провода с эмалевой изоляцией, в более крупных – из прямоугольного, который позволяет плотнее без пустот уложить обмотку в пазы и увеличить мощность двигателя. Применение обмоток из круглого провода в двигателях меньшей мощности оправдывается возможностью механизации и автоматизации их изготовления и укладки в пазы, что позволяет значительно снизить трудоемкость производства машин. Пазовую изоляцию выполняют из прочной синтетической пленки, которая используется также и для междуфазовой изоляции в лобовых частях обмотки. В пазах обмотку закрепляют клиньями или клиньями-крышками, выполненными в виде желобков по форме верхней части паза.

Выводы от фаз обмотки выполняют гибкими многожильными изолированными проводами. На места паек в обмотке устанавливают изоляционные трубки. Выводы статора подсоединяют к колодке зажимов, которая располагается в коробке *21* с крышкой *20*. Коробка выводов расположена сверху двигателя и при установке может быть повернута в удобное для подсоединения питающего кабеля положение. В верхней части станины ввернут рым-болт *9* для подъема двигателя при монтаже и в процессе транспортировки.

Сердечник ротора *11* выполняется из той же стали, что и сердечник статора, и в спрессованном состоянии заливается расплавленным алюминием. Одновременно с заливкой пазов отливают замыкающие кольца *6* и вентиляционные лопатки *5*, которые прогоняют воздух через лобовые части обмотки ста-

тора. В результате происходит интенсивная передача тепла от внутренних частей к наружной поверхности станины, которая обдувается вентилятором.

В замыкающихся кольцах с обеих сторон сердечника расположены пазы для закрепления балансировочных грузиков *17*.

После заливки пазов алюминием сердечники короткозамкнутых роторов двигателей с высотой оси вращения до 250 мм напрессовывают на валы без шпонки с предварительным нагревом до 500—550 °С. В более крупных машинах применяют прессовую посадку со шпонкой. Вал выполняют преимущественно из стали 45.

В подшипниковых щитах *1*, *15*, которые крепятся к станине болтами *7*, имеются центральные отверстия для размещения подшипников качения *4*. В двигателях с высотой оси вращения до 132 мм применяют шарикоподшипники с двусторонним уплотнением. Смазка, рассчитанная на весь срок службы, закладывается в них при изготовлении подшипника. Такие подшипники упрощают конструкцию машин и не требуют пополнения смазки в эксплуатации, благодаря чему уменьшаются трудозатраты на обслуживание двигателя.

Между щитами и торцами наружных колец шарикоподшипников устанавливают пружины *3*, которые обычно выполняют в виде волнистого кольца, выштампованного из листовой стали. Перемещая наружное кольцо подшипника в осевом направлении, пружина выбирает зазор в подшипнике и прижимает с определенным усилием шарики к дорожкам качения. Такое поджатие уменьшает шум подшипника, который возникает в результате ударов шариков о дорожки при наличии зазора, и увеличивает его долговечность, так как удары способствуют усталостному разрушению металлических поверхностей.

Воздушный зазор в асинхронных двигателях небольшой. Так, например, в четырех-, шести- и восьмиполюсных двигателях при высотах оси вращения 56—90 мм он равен 0,25 мм. Чтобы выполнить его равномерным, при изготовлении двигателей принимают специальные меры. Центрирующие выступы на щитах и отверстия под подшипники обрабатывают на станке с одного установа, что позволяет получить минимальные биения между этими поверхностями. Таким же способом обеспечивают минимальные биения расточки статора относительно центрирующих заточек в станине.

В лапах станины выполняют отверстия с резьбой, в которые ввинчивают болты *24* для подсоединения заземляющих шин.

На станине укреплена табличка *23*, на которой указаны: тип двигателя, его заводской номер, товарный знак завода-изгото-

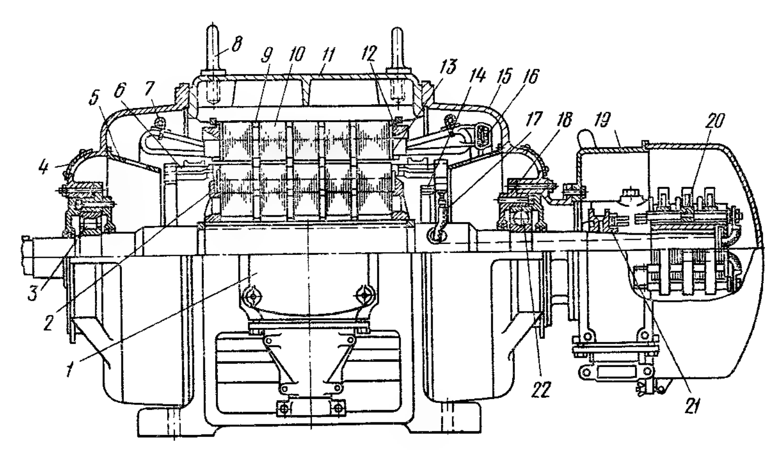


Рис. 5. Асинхронный двигатель мощностью выше 100 кВт с фазовым ротором

вителя, мощность двигателя, частота его вращения, номинальное напряжение, частота тока и число фаз, кпд, cos φ и другие данные, необходимые потребителю.

Вентилятор *16* двигателя в месте посадки на вал имеет продольную прорезь, благодаря которой он может быть плотно посажен на вал затяжкой болта *18*.

Устройство асинхронного двигателя с фазовым ротором в защищенном исполнении со степенью защиты *IP*23 рассмотрим на примере двигателя старой серии, поперечный разрез которого приведен на рис. 5. В двигателях мощностью выше 100 кВт сердечники статора и ротора обычно выполняют из нескольких пакетов *10*, между которыми устанавливают распорки, образующие радиальные вентиляционные каналы *9*, благодаря которым может быть осуществлена радиальная система вентиляции. В защищенной машине воздух засасывается в окна на торцах щитов *15* вращающейся обмоткой *6* ротора и распорками в радиальных каналах. Охлаждающий воздух проходит через лобовые части обмотки статора и ротора, а также параллельными струями через радиальные вентиляционные каналы сердечников и выбрасывается из машины через окна в нижней части станины. К радиальным каиалам воздух подходит по осевым отверстиям в сердечнике ротора. Для направления воздушных потоков к лобовым частям обмоток и радиальным каналам установлены диффузоры *5*.

Асинхронные двигатели с фазовым ротором имеют в пазах ротора изолированную от сердечника обмотку *6*, число фаз ко-

торой равно числу фаз обмотки статора. Фазы трехфазовой обмотки ротора соединяются звездой с помощью дугообразной медной шины *14* с тремя лучами или треугольником. Выводы от обмотки присоединяют к контактным кольцам *20*.

Контактные кольца могут быть расположены на консольном конце вала за подшипниковым щитом или внутри машины. При консольном расположении выводы *17* от обмотки ротора выполняют гибким изолированным проводом, проходящим через центральное отверстие вала. Контактные кольца располагают в коробке *19*, закрытой колпаком.

Расположение контактных колец на консоли позволяет унифицировать подшипниковые щиты двигателей с фазовыми и короткозамкнутыми роторами, облегчает доступ к контактным кольцам при техническом обслуживании, исключает попадание щеточной пыли на обмотки двигателя.

Обмотку ротора обычно выполняют из стержней, концы которых спаивают медными хомутиками. В некоторых машинах в часть хомутиков впаивают вентиляционные лопатки. Сердечник статора набирают из листов на ребра станины *11*, спрессовывают и закрепляют массивными нажимными шайбами *12*. На крайних листах сердечника устанавливают нажимные пальцы *13*, препятствующие распушению пакетов в зоне зубцов. Станину отливают из чугуна, она имеет два рым-болта *8* для транспортировки двигателя краном, сбоку к ней привернута коробка выводов *1*. Лобовые части обмотки статора при значительной длине для предохранения от деформаций привязывают шнуром к бандажным кольцам *7*. Междукатушечные соединения *16* обмотки также стягивают шнуром, образуя жесткое кольцо. Листы сердечника ротора на валу спрессованы между нажимными шайбами *2*.

Ротор вращается в двух подшипниках качения: шариковом *22* со стороны контактных колец и роликовом *3* со стороны привода, установленных в капсюлях *18*. Размеры обоих подшипников одинаковы, благодаря чему достигается унификация сборочных единиц. При разборке щиты *15* снимаются, подшипники остаются в капсюлях, которые защищают их от механических повреждений и загрязнений. Подшипниковые щиты центрируются на кольцевых выступах станины.

Двигатель может быть разобран без съема контактных колец с вала. Это достигается тем, что кольца могут свободно проходить через центральное отверстие щита *15* и коробки *19*.

В двигателях старых серий имеются приспособления для подъема щеток и замыкания колец накоротко после пуска. Кольца замыкаются втулкой *21* с тремя пружинными контакта-

ми, которая перемещается вдоль вала. Двигатели единых серий изготовляют с постоянно налегающими щетками. Это упрощает конструкцию, повышает надежность и позволяет использовать машины в схемах с дистанционным управлением.

Воздушный зазор в асинхронных двигателях определяет многие его характеристики. Увеличение зазора ухудшает один из основных показателей двигателя – коэффициент мощности ($\cos\varphi$), который зависит от тока холостого хода. Поэтому в некоторых двигателях предусматривается возможность контроля воздушного зазора в собранной машине. Его измеряют через отверстия в щитах и диффузорах. На щитах отверстия закрываются крышками *4*.

В современных сериях электрических машин отверстия для замера зазора обычно отсутствуют, его стабильная величина обеспечивается строгим соблюдением технологического процесса изготовления составляющих сборочных единиц и деталей (щитов, станин, сердечников, капсюлей, роторов).

Асинхронные двигатели единой серии 4А с высотой оси вращения 280 – 355 мм имеют корпус *1* (рис. 6), выполненный в виде сварной полустанины, состоящей из четырех вертикальных стоек *29*, *33*, соединенных в нижней части продольными планками *28* с отверстиями под фундаментные болты, а в верхней – двумя продольными ребрами *30* из толстолистовой стали. Стойки имеют кольцевые заточки. На заточках наружных стоек *29* центрируются подшипниковые щиты *10*, на внутренних *33* – сердечник *15* статора с обмоткой.

Сверху двигатель закрывается кожухом *13*, который крепят к продольным ребрам корпуса болтами *32* и к торцевым стенкам щитов болтами *11*. Сердечник статора набирают из листов на оправку, спрессовывают между двумя нажимными шайбами *14*, которые имеют заточки для центрирования сердечника в станине, и приваривают к горизонтальным планкам *21* и *26*. Сердечник с обмоткой *16* устанавливают в станину сверху на заточках стоек *33* и закрепляют болтами *19*, *25* через отверстия в горизонтальных планках *26*. Такая конструкция уменьшает массу станины, упрощает ее изготовление и облегчает ремонт обмотки с выемкой сердечника из станины. Лапами станины являются планки *28*. Подъемные крюки выполнены в виде вырезов на продольных ребрах *30*.

Подшипниковые щиты, сцентрированные на кольцевых заточках, крепят к полустанине болтами *3* и *31*. Подшипники устанавливают в крышках-капсюлях *5* и *18*, которые крепят к щитам болтами *8* и *17*. Внутренние крышки *12* притягивают к капсюлям болтами *20*. На валу подшипники в продольном

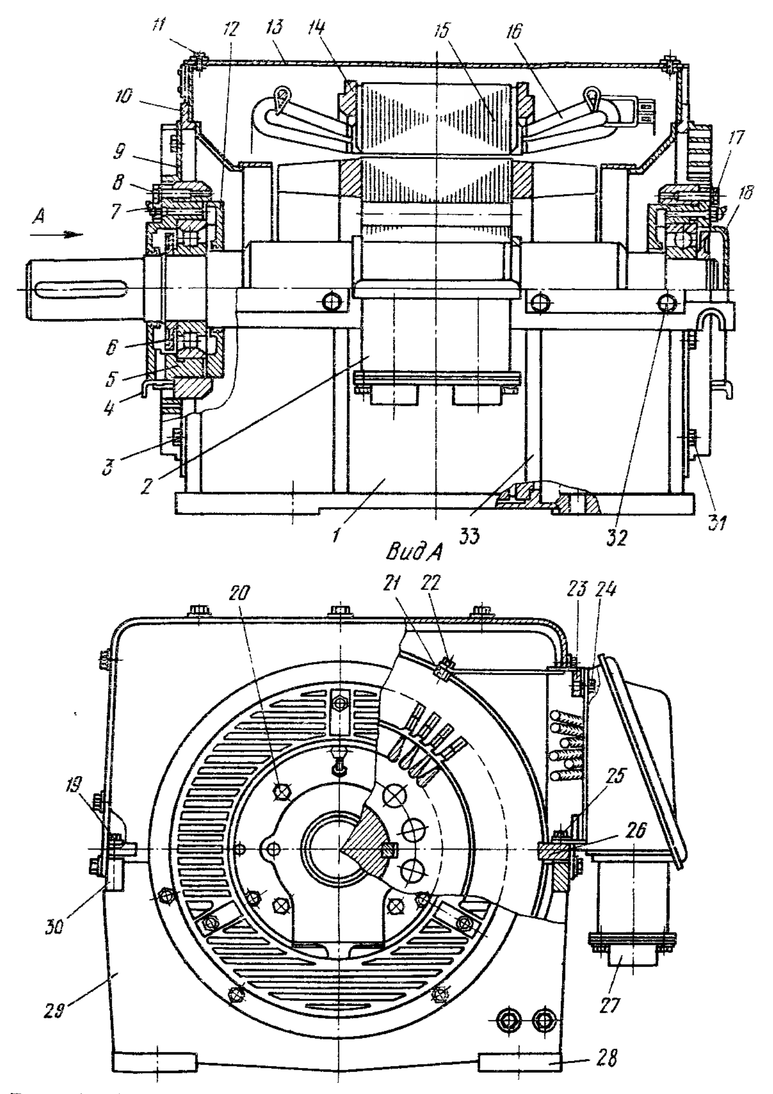


Рис. 6. Асинхронный двигатель серии 4А с короткозамкнутым ротором и высотой оси вращения 280 мм

направлении закреплены пружинными кольцами. К щитам крепятся жалюзи *9*, через которые охлаждающий воздух поступает в машину. Применение крышек-капсюлей позволяет производить безударную установку подшипников.

Для выемки ротора при ремонте сначала вывинчивают болты *20*, затем *8* и *17*. Крышки-капсюли выводят из щитов отжимными болтами. Затем отвинчивают болты *3*, *31* и снимают щиты с корпуса. Ротор вывешивают подъемным устройством и выводят из статора.

Коробку выводов *2* крепят болтами *24* к рамке *23*, которую в свою очередь крепят к планкам сердечника болтами *22* и *25*. Коробка имеет фланец *27* для присоединения газовой трубы, гибкого металлорукава и кабеля или провода в оболочке из резины или пластиков.

В двигателе предусматривается возможность добавления или частичной замены отработанной смазки без его останова. Смазка подается через масленки *7* и выходит внизу крышек-капсюлей через отверстия, закрытые заслонками *4*. Смазочный диск *6* при вращении облегчает прохождение смазки через подшипник.

Двигатель имеет защищенное исполнение. Охлаждающий воздух затягивается вентиляционными лопатками литой обмотки ротора через жалюзи и выбрасывается в нижней части станины.

Зависимость мощности от размеров для современных асинхронных двигателей приведена в табл. 3.

Таблица 3. **Зависимость мощности от высоты оси вращения для низковольтных асинхронных двигателей (серия 4А, степень защиты *IP*44)**

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт, при числе полюсов			
	2	4	6	8
56	0,18–0,25	0,12–0,18	–	–
100	4,0–5,5	3,0–4,0	2,2	1,5
160	15–18,5	15–18,5	11–15	7,5–11
250	75–90	75–90	45–55	37–45
355	250–315	250–315	160–200	132–160

§ 6. АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ С ВСТРОЕННЫМ ТОРМОЗОМ

Многие машины и механизмы требуют немедленного останова после отключения электродвигателя от сети. Особенно это важно для автоматических линий, где эффективное торможение позволяет увеличить производительность труда за счет уменьшения времени, затрачиваемого на останов. Двигатели, снабженные тормозами, в грузоподъемных машинах и ме-

ханизмах должны остановить груз в определенном месте, надежно удерживать его в подвешенном состоянии, обеспечивая безопасность работы механизма.

В серии 4А выпуск двигателей с встроенным электромагнитным тормозом предусмотрен при высотах оси вращения 56 – 160 мм. В момент включения двигателя напряжение подается на катушку *3* (рис. 7) тормозного электромагнита. Якорь *11* притягивается к сердечнику *5*, сжимая пружины *9* и освобождая тормозной диск *2*; таким образом обеспечивается свободное вращение ротора. При отключении двигателя от сети катушка обесточивается, якорь под действием пружин прижимается к тормозному диску, останавливая двигатель. Тормозные накладки *12* на диске выполняются из металлокерамики или материалов на основе асбокаучуковой композиции. При износе накладок предусматривается регулировка зазора *А* между сердечником и якорем с помощью дистанционных шайб *10*. Зазор определяет силу притяжения якоря, а следовательно, и надежность срабатывания тормоза при запуске двигателя.

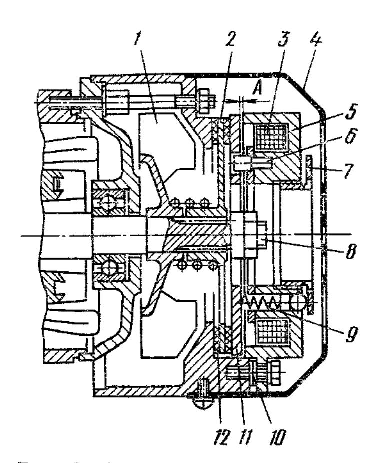


Рис. 7. Асинхронный двигатель серии 4А с встроенным тормозом

Тормозной диск сцеплен с валом *8* двигателя шлицами. Регулировка усилия пружин *9* производится либо пробками, запирающими пружины в направляющем гнезде, либо гайкой *7*. Якорь от проворачивания фиксируется штифтами *6*. Вентилятор *1* двигателя одновременно охлаждает тормоз, протягивая воздух через отверстия кожуха *4*.

Двигатели серии 4А с встроенным электромагнитным тормозом имеют те же обмотки и сердечники, что и двигатели основного исполнения. Унифицированы станина, подшипниковый щит, детали подшипникового щита и вентилятор наружного обдува.

Катушка тормоза питается постоянным током. В двигателях с высотами оси вращения 56 – 100 мм выпрямительное устройство обеспечивает притяжение якоря при пуске двигателя и удержание его в рабочем режиме. В больших двигателях для быстрого растормаживания при пуске необходима форси-

ровка (увеличение тока в катушке), которая обеспечивается пусковым током двигателя. Эффективное торможение в двигателях серии 4А достигается значительным тормозным моментом, который в 1,5 раза превышает номинальный момент. Время торможения не превышает 0,04 – 0,1 с.

§ 7. КОЛЛЕКТОРНЫЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Статор в машине постоянного тока состоит из станины *12* (рис. 8), главных *15* и добавочных *11* полюсов с обмотками. В машинах малой мощности добавочные полюса могут отсутствовать. Ротор (якорь) состоит из вала *18*, сердечника *14* с обмоткой *21* и коллектора *1*.

Станина *12* является корпусом машины и в то же время частью магнитной системы, проводящей магнитные потоки главных и добавочных полюсов. Она имеет цилиндрическую форму и изготовляется из стальной трубы, к нижней части которой приваривают лапы *24*. В верхнюю часть корпуса ввернут рым-болт *13* для транспортировки машины, с торцев выполнены центрирующие заточки для подшипниковых щитов *5* и *17*.

Двигатель имеет смешанное возбуждение. На главных полюсах *15* установлены катушки параллельной *19* и последовательной *20* обмоток возбуждения. Катушки *19* имеют большое число витков и намотаны из круглого провода. Катушки *20* рассчитаны на ток якоря и выполняются с небольшим числом витков из провода прямоугольного сечения. Магнитный поток в воздушном зазоре из-за наличия зубцов у вращающегося якоря пульсирует, что вызывает, как всякое изменение потока, появление вихревых токов. Для уменьшения пульсационных потерь главные полюса набирают из листов толщиной 0,5 – 2 мм и стягивают шпильками, проходящими через выштампованные в листах отверстия.

Добавочные полюса *11* предназначены для улучшения коммутации (уменьшения искрения под щетками) и изготовляются цельными или шихтованными из листов. Катушки *10* добавочных полюсов выполняют из проводов круглого или прямоугольного сечения. Главные и добавочные полюса крепят к станине болтами.

Вал имеет ступенчатую форму для раздельной посадки сердечника, коллектора и вентилятора. Сердечник якоря набирается из листов электротехнической стали толщиной 0,2 – 0,5 мм на вал. Нажимные шайбы имеют кольцевые приливы *8*, на них опираются лобовые части обмотки якоря, на которые наложен бандаж *9*. Концы секций обмотки присоединены к коллек-

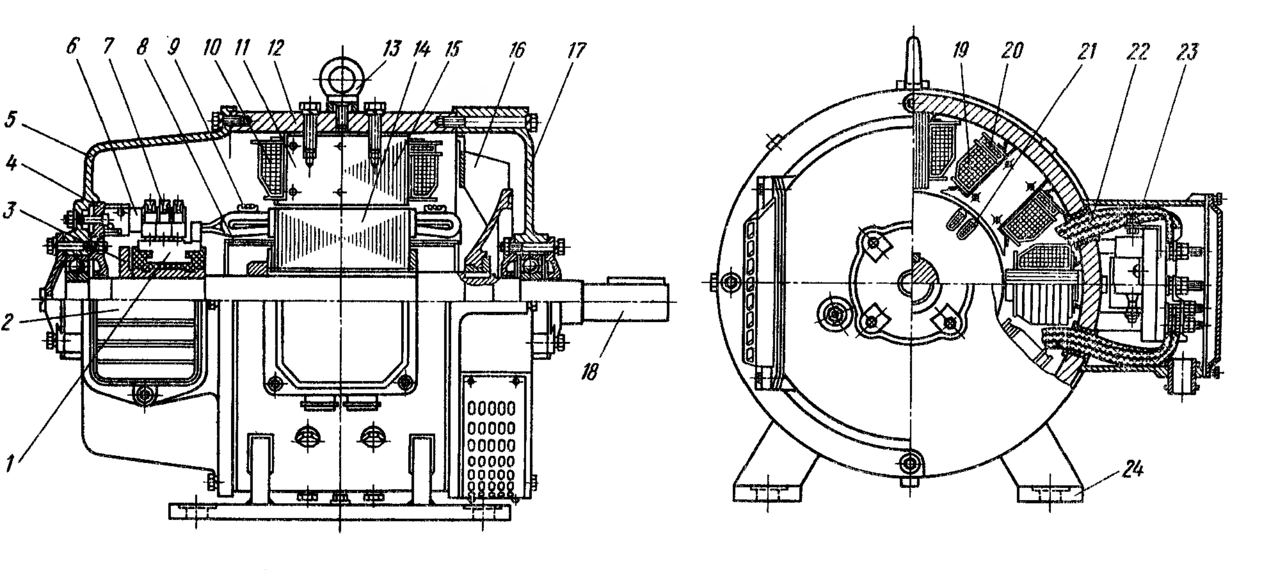


Рис. 8. Двигатель постоянного тока серии П мощностью 14 кВт

торным пластинам. Коллектор *1* состоит из медных пластин, изолированных друг от друга прокладками из миканита. Подшипники с обеих сторон закрыты крышками.

На переднем щите *5* закреплена щеточная траверса *4* с пальцами *6*, на которых установлены щеткодержатели *7*. Для осмотра и обслуживания коллектора и замены щеток в щите предусмотрены люки, закрытые крышками *2*.

Выводы *22* от якорной обмотки и обмотки возбуждения главных полюсов пропущены через отверстия в станине и подсоединены к колодке зажимов, расположенной в коробке *23*.

Балансировка ротора осуществляется за счет снятия металла с кольца *3* и торца вентилятора *16* или установки на них балансировочных грузиков.

Машина имеет защищенное исполнение и аксиальную систему вентиляции. Вентилятор *16* засасывает воздух через отверстия в крышках *2*. Воздух омывает коллектор, проходит между полюсами и через отверстия в нижней части подшипникового щита *17* выбрасывается наружу.

В современных конструкциях машин постоянного тока для уменьшения деформаций щитов *4*, *16* (рис. 9) при механической обработке и сборке сокращают их аксиальные размеры за счет соответствующего удлинения станины. При выполнении щитов в виде дисков для обслуживания коллектора *7* и токосъемного устройства, а также для входа и выхода охлаждающего воздуха в станине *10* предусматривают отверстия, закрывая их защитными лентами *5*, *14*. Концы лент обертывают вокруг валиков и стягивают невыпадающими болтами *23*. Ленты изготовляют с вентиляционными отверстиями для прохода охлаждающего воздуха. В верхней части отверстия выполнены в виде жалюзи *19* для защиты машины от падающих сверху и под углом к вертикали капель.

Колодку зажимов у двигателей с высотами оси вращения 80–200 мм располагают в коробке *9* сверху, что обеспечивает возможность подвода питающего кабеля с правой или левой стороны машины. У двигателей с высотами оси вращения более 200 мм коробка обычно располагается сбоку станины, что делает более удобным подсоединение кабеля большого сечения (не приходится тянуть его вверх), и устанавливается по требованию потребителя при изготовлении двигателя на заводе с правой или левой стороны.

Машина для подъема и транспортировки вместо рым-болтов может быть снабжена проушинами *21* с отверстиями. Проушины выполняют из толстолистовой стали и приваривают к станине.

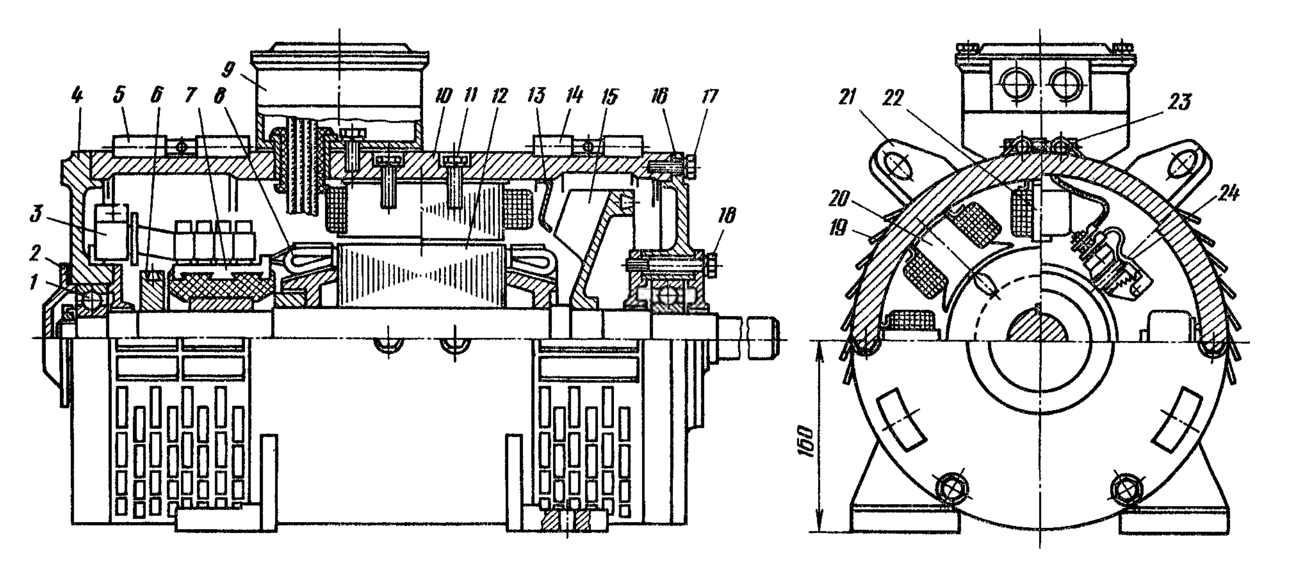


Рис. 9. Машина постоянного тока серии **2П**:

1 – шарикоподшипник, *2* – крышка, *3* – траверса, *4,16* – щиты, *5,14* – защитные ленты, *6* – балансировочное кольцо, *7* – коллектор, *8* – обмотка якоря, *9* – коробка выводов, *10* – станина, *11,17,18,23* – болты, *12* – якорь, *13* – диффузор, *15* – вентилятор, *19* – жалюзи на защитной ленте, *20* – главный полюс, *21* – проушина, *22* – добавочный полюс, *24* – щетка

Подшипниковые опоры машины постоянного тока аналогичны опорам асинхронных машин. У двигателей постоянного тока с высотами оси вращения 80–200 мм обычно со стороны привода и с противоположной стороны применяют шариковые подшипники *1*, у двигателей с высотами 225–315 мм – со стороны привода устанавливают роликовые подшипники, а с противоположной – шариковые. Подшипниковые крышки *2* крепятся болтами *18*, которые проходят через сквозные отверстия в щитах и ввинчиваются в резьбовые отверстия во внутренних крышках. Болты контрятся пружинными шайбами.

Токосъемное устройство машин постоянного тока включает в себя щетки *24*, щеткодержатели, бракеты, к которым крепятся щеткодержатели, и траверсу *3*, несущую на себе бракеты. У двигателей с высотами оси вращения 355–500 мм траверса может отсутствовать. Бракеты в таких машинах крепятся непосредственно к подшипниковому щиту. Щетки прижимаются к коллектору *7* пружинами.

Охлаждающий воздух засасывается в машину вентилятором *15* через окна в ленте *5* со стороны коллектора и выбрасывается через окна ленты *14* со стороны привода. Установкой диффузора *13* достигают рационального распределения воздушных потоков. При его отсутствии бо́льшая часть воздуха проходила бы между полюсами вблизи станины. Диффузор направляет поток к поверхности якоря машины.

Балансировка ротора производится установкой грузиков в виде «ласточкина хвоста» в кольцо *6* со стороны коллектора и в канавку на вентиляторе *15*.

Мощность электрической машины зависит от ее размеров и частоты вращения (табл. 4). В закрытых машинах, где нагретые части не обдуваются непосредственно воздушным потоком, приходится уменьшать ток в обмотке, что приводит к снижению мощности при заданных размерах машины.

Таблица 4. **Зависимость мощности в современных защищенных машинах постоянного тока от размеров и частоты вращения**

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт, при частоте вращения, об/мин			
	3000	1500	1000	600
80	0,75–1,1	0,37–0,53	0,18–0,25	0,09–0,12
100	2,2–3,0	1,1–1,5	0,75	0,37
160	15–22	7,5–11	4,0–7,5	2,2–4,0
250	–	55–75	37–45	22–30

Примечание. Бо́льшие значения мощности соответствуют бо́льшей длине сердечника.

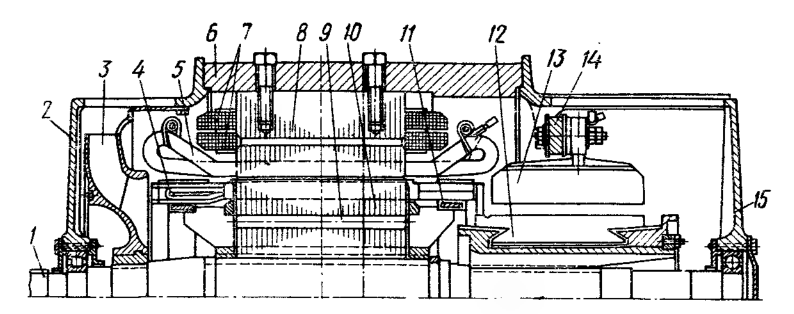


Рис. 10. Машина постоянного тока с компенсационной обмоткой

В машинах постоянного тока при работе по обмотке якоря проходит ток, который создает свое магнитное поле. Поле якоря накладывается на поле главных полюсов и искажает его, магнитная индукция вдоль окружности якоря становится неодинаковой. Из-за неодинаковой эдс в секциях обмотки якоря ухудшается коммутация машины и увеличивается напряжение между некоторыми коллекторными пластинами, что может привести к пробою изоляции пластин. Для компенсации реакции якоря в машинах постоянного тока значительной мощности применяют компенсационную обмотку *5* (рис. 10). Ее располагают в пазах наконечников главных полюсов *8* и соединяют последовательно с обмоткой якоря *4*. Компенсационную обмотку рассчитывают и включают таким образом, чтобы ее магнитное поле было равно и направлено встречно полю якоря. Компенсационная обмотка усложняет изготовление и ремонт машины, поэтому ее применяют только в тех машинах, где она необходима.

Бракеты *13* в машинах большой мощности выполняют в виде плоских пластин с приливами, через отверстия в которых они винтами крепятся к траверсе *14*. Винты изолируют гетинаксовыми трубками и прокладками, так как к траверсе крепятся бракеты разной полярности. Траверса согнута из полосовой стали в виде кольца и закреплена на подшипниковом щите.

Обмотка возбуждения *7* разделена на каждом полюсе на две катушки, между которыми образован вентиляционный канал.

Сердечник *10* якоря выполнен с аксиальными вентиляционными каналами *9*. Каналы для охлаждающего воздуха предусмотрены также между коллектором *12* и валом *1*. Вентилятор *3* установлен со стороны привода. Щиты *2* и *15* центрируются в заточках корпуса *6*. Лобовые части обмотки якоря *4* опираются на изолированный обмоткодержатель *11*.

§ 8. КОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Наряду с асинхронными двигателями малой мощности широкое распространение получили однофазовые коллекторные двигатели переменного тока, несмотря на их более сложное устройство. Обмотка возбуждения такого двигателя включается последовательно с обмоткой якоря, благодаря чему при изменении направления тока в сети одновременно изменяется направление тока в якоре и полярность полюсов. Направление вращающего момента при этом сохраняется.

Асинхронные двигатели при работе от сети переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеют максимальную частоту вращения около 3000 об/мин. В некоторых установках, как, например, вентиляторы небольших размеров, пылесосы, необходима высокая частота вращения для обеспечения эффективной работы устройства. Частота вращения коллекторного двигателя не зависит от частоты тока сети и может быть доведена до 20 000 об/мин и более.

Коллекторные двигатели переменного тока имеют и другие преимущества перед асинхронными. Они сохраняют основные характеристики, свойственные коллекторным двигателям постоянного тока, и применяются там, где нужен большой пусковой момент (полотерные машины, мясорубки). Благодаря высокой частоте вращения коллекторный двигатель получается более легким, что очень важно для ручных электрифицированных инструментов (электродрелей, гайковертов, электрошлифовалок), а также переносных бытовых приборов.

Промышленностью выпускаются однофазовые универсальные коллекторные двигатели мощностью от десятков до сотен ватт, которые представляют собой двигатели последовательного возбуждения, работающие как от сети постоянного, так и от сети переменного тока. Они развивают относительно высокий вращающий момент и имеют малые размеры и массу вследствие их быстроходности.

Универсальный коллекторный двигатель имеет две обмотки на полюсах. Обмотка с меньшим числом витков предназначена для работы двигателя от сети переменного тока, а другая – дополнительная – от сети постоянного тока и включается последовательно с первой. Дополнительная обмотка позволяет получить при работе на постоянном токе ту же частоту вращения, что и на переменном.

Устройство универсального встраиваемого коллекторного двигателя серии УВ показано на рис. 11. Двигатель имеет открытое исполнение с естественным охлаждением.

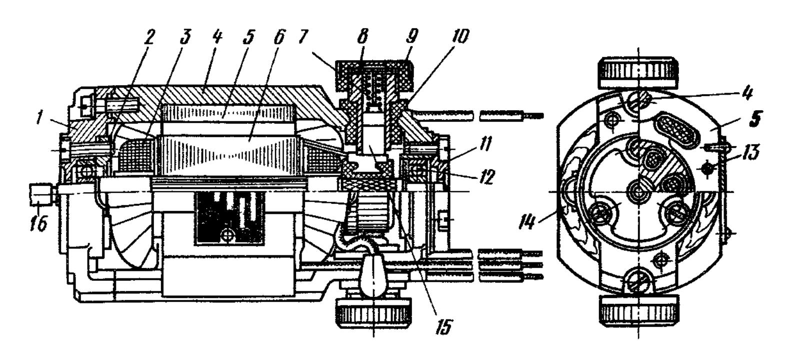


Рис. 11. Встраиваемый коллекторный двигатель серии УВ

Сердечник *5* статора при работе от сети переменного тока пронизывает переменный магнитный поток. Для снижения потерь на вихревые токи его набирают из изолированных друг от друга листах электротехнической стали. Листы имеют два паза на наружной поверхности, которые в собранном сердечнике образуют продольные канавки. Сердечник спрессовывают и заливают под давлением алюминиевым сплавом, который, заполняя продольные канавки, образует прочные стержни *4*, стягивающие сердечник и соединяющие в одно целое алюминиевую заливку. Для предотвращения распушения полюсы дополнительно стягиваются четырьмя стержнями *13* (по два на каждый полюс), которые образуются при заливке сердечника. Коллекторный щит отсутствует. Щеткодержатель и подшипник *12* расположены в приливе, который образуется при заливке сердечника. Благодаря такой конструкции повышается прочность и монолитность статора и существенно упрощается технология изготовления двигателя. На частях стягивающих стержней, выступающих за торец сердечника со стороны, противоположной коллектору, выполняется центрирующая заточка для щита *1*.

Обойма щеткодержателя *8*, охватывающая и направляющая щетку *15*, отлита из цинкового сплава и опрессована пластмассой *10* для изоляции щетки, находящейся под напряжением, от корпуса. Сверху на обойму навинчен пластмассовый колпачок *9*. Щетка прижимается к коллектору пружиной *7*. Отсутствие поворотной траверсы позволяет уменьшить размеры двигателя и упростить технологию его изготовления.

Подшипниковый щит *1* отливается под давлением из алюминиевого сплава в виде скобы. Подшипниковые крышки *2*, *11* закреплены винтами. В случае необходимости для снижения

уровня шума и вибраций вместо подшипников качения *12* в двигателях применяют подшипники скольжения с бронзографитовым самоустанавливающимся вкладышем. Катушки *14* последовательной обмотки возбуждения надеты на полюса и закреплены скобами.

Сердечник якоря *6* набирается из изолированных листов электротехнической стали и напрессовывается на накатанную часть вала *16*. Обмотка *3* выполнена из круглого медного провода с эмалевой изоляцией.

§ 9. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Синхронные машины имеют более сложное устройство, чем асинхронные. Они требуют для питания обмотки возбуждения источник постоянного тока. Таким источником обычно служат возбудители, которые стыкуют непосредственно с валом основной машины или устанавливают отдельно. В последнее время получают все более широкое распространение синхронные машины малой мощности с возбуждением от постоянных магнитов или питанием обмотки возбуждения от обмотки якоря через выпрямители. Конструкция этих машин упрощается за счет отсутствия возбудителя.

Различают неявнополюсные и явнополюсные синхронные машины. Неявнополюсные выпускают главным образом на частоту вращения 3000 об/мин. К ним относятся все турбогенераторы и синхронные двигатели на частоту вращения 3000 об/мин, роторы которых представляют собой массивный сердечник, выполненный для повышения жесткости целиком с валом. Обмотка возбуждения размещается в пазах сердечника. Явнополюсные машины охватывают широкий диапазон частот вращения.

Статор явнополюсной синхронной машины с обмоткой *9* (рис. 12) подобен статору асинхронного двигателя. Станина *1* выполняется литой или сварной в зависимости от размеров машины. В нее шихтуется сердечник *2*.

Полюса *4* ротора набирают из листов электротехнической стали, спрессовывают и скрепляют заклепками. Катушки *5* возбуждения в средних и крупных машинах наматывают из медных шин, гнутых на ребро. В отверстия полюсных наконечников вставлены стержни *3*, которые по торцам припаиваются к шинам, образуя короткозамкнутую обмотку, называемую демпферной. В генераторах она служит для уменьшения влияния поля статора на поле полюсов при коротких замыканиях и несимметричных режимах, в двигателях исполь-

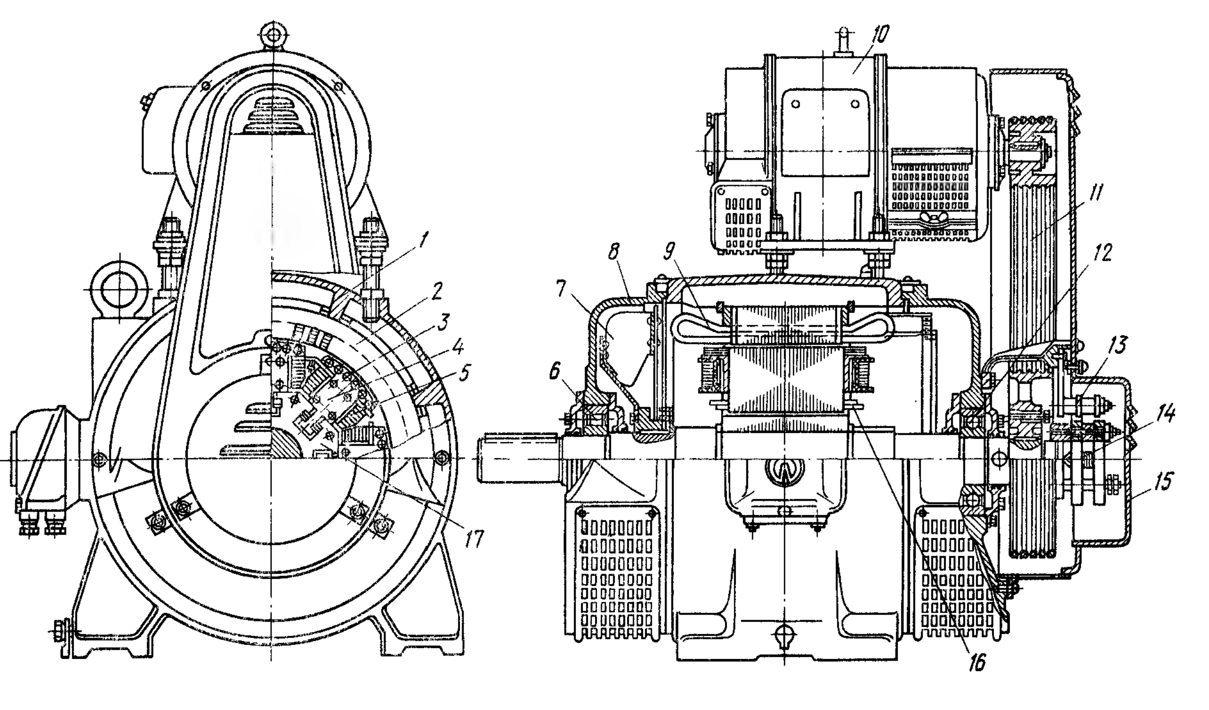


Рис. 12. Синхронная машина с быстроходным возбудителем

зуется для асинхронного запуска и выполняется в виде беличьей клетки.

Полюса крепятся на втулке *17* ротора с помощью Т-образных выступов и клиньев *16*, которые забиваются с обеих сторон ротора и плотно прижимают полюса к наружной поверхности втулки. Втулка ротора набирается из стальных листов, скрепляется заклепками и напрессовывается на вал. Ротор вращается в двух подшипниках – роликовом *6* и шариковом *12*, установленных в щитах *8*.

Выводы от обмотки возбуждения проходят через центральное отверстие вала и присоединяются к двум контактным кольцам *14*. Щеткодержатели закреплены на изолированных пальцах *13*. Контактные кольца закрыты колпаком *15* с жалюзи для подвода охлаждающего воздуха.

Вентиляция машины – осевая, вытяжная. Воздух засасывается вентилятором *7* через отверстия в нижней части щита со стороны контактных колец и разделяется на два потока, один из которых проходит вдоль ротора по каналам между полюсными катушками, другой – между наружной поверхностью сердечника и станиной, охлаждая лобовые части обмотки статора и сердечник. Нагретый воздух выбрасывается в нижней части подшипникового щита со стороны вентилятора.

Возбудителем *10* служит машина постоянного тока, закрепленная на шпильках, ввернутых в приливы станины. Валы синхронной машины и возбудителя соединены клиноременной передачей *11* с разными диаметрами шкивов, что позволяет для машины с небольшой частотой вращения применить быстроходный возбудитель с малыми размерами и массой.

Генераторы малой мощности для передвижных электростанций выполняют без возбудителя, обмотка возбуждения *2* (рис. 13) питается выпрямленным селеновыми диодами *3* током. Для обеспечения самовозбуждения генератора между полюсами *1* размещены постоянные магниты *20*. Полюса *1* и магниты крепятся к валу *17* болтами.

Сердечник *9* статора набирается из листов и скрепляется по наружной поверхности скобами. В пазах сердечника размещена обмотка *8*. Корпус *7* отлит из алюминиевого сплава и имеет лапы для крепления на раме агрегата. На верхней части корпуса расположена коробка, в которой размещены блок выпрямителей и его колодка зажимов *10*. Коробка закрывается крышкой *4*.

Контактные кольца *12*, опрессованные пластмассой, расположены в щите *13* со стороны, противоположной приводу. К щиту крепятся щеткодержатели *14* со щетками.

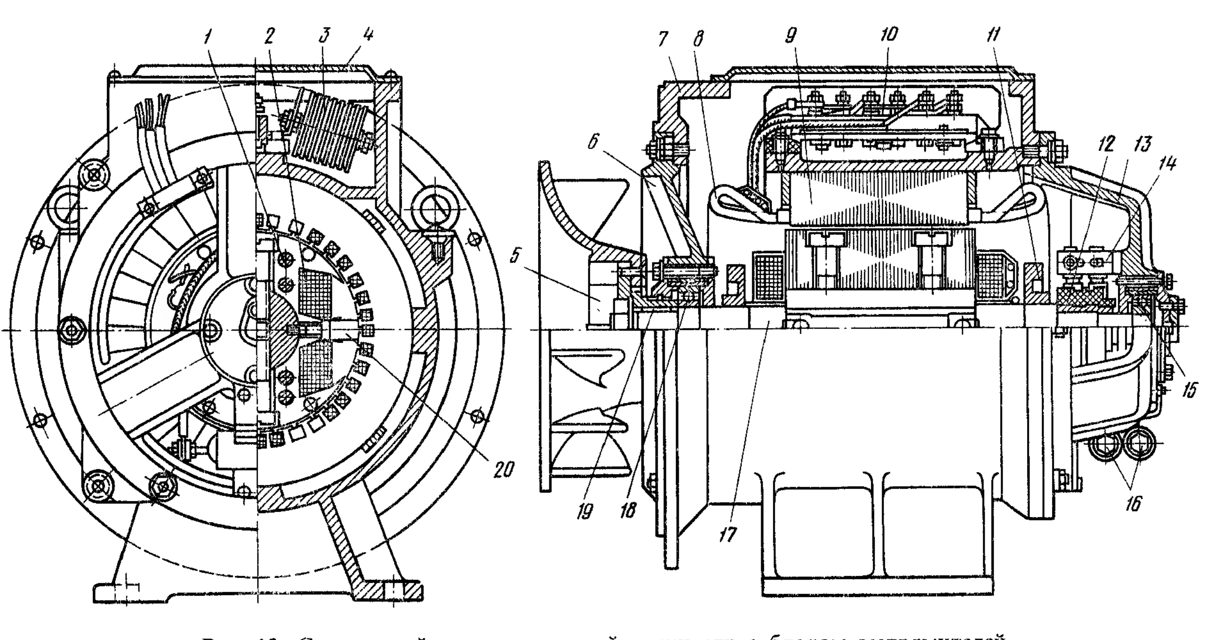


Рис. 13. Синхронный генератор малой мощности с блоком выпрямителей

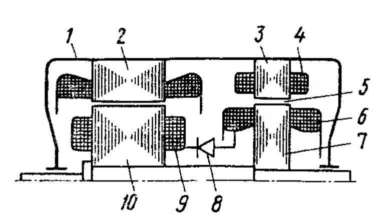


Рис. 14. Схема устройства бесконтактного синхронного генератора с вращающимися выпрямителями

Шарикоподшипники *15* и *18* установлены в алюминиевых щитах *6* и *13*. В местах их посадки в щиты запрессованы стальные втулки.

Вентилятор прикреплен к полумуфте *5*, которая крепится на валу гайкой и шпонкой *19*, и установлен снаружи генератора за щитом *6* (во фланце двигателя). Охлаждающий воздух входит в генератор через окна в щите *13* и разделяется на три потока, проходящие через коробку с блоком выпрямителей по каналам, образованным корпусом и сердечником статора, и по каналам между катушками ротора и внутренней поверхностью сердечника статора. Из генератора воздух выходит в окна щита *6*.

Балансировку ротора производят высверливанием отверстий в кольцах *11*. На щите *13* расположены проходные конденсаторы *16*, предназначенные для снижения радиопомех.

Контактные кольца и щетки снижают надежность синхронных машин и требуют постоянного ухода в эксплуатации. Нарушение скользящего контакта между щеткой и кольцом в результате замасливания или по другим причинам приводит к отказу генератора. Щеточная пыль, загрязняя теплоотдающие поверхности, ухудшает охлаждение генератора и снижает сопротивление изоляции, образуя токопроводящие мостики. Бесконтактные синхронные генераторы с вращающимися выпрямителями, применяемые для ответственных источников питания, лишены этих недостатков.

Бесконтактный генератор имеет встроенный в одном с ним корпусе *1* (рис. 14) возбудитель, выполненный в виде синхронной машины с вращающимся якорем *7*, который расположен на одном валу с индуктором *10* генератора. Индуктор *3* возбудителя расположен в одном корпусе с якорем *2* генератора. При питании постоянным током обмотки *4* возбуждения в воздушном зазоре *5* возбудителя возникает неподвижный магнитный поток. В обмотке *6* якоря возбудителя при вращении вырабатывается переменный ток, который через блок *8* вращающихся вместе с ротором выпрямителей питает обмотку *9* возбуждения генератора. Бесконтактную машину постоянного тока можно получить преобразованием переменного тока якоря *2* в постоянный, встроив в бесконтактный синхронный генератор блок неподвижных выпрямителей.

§ 10. КОЛЛЕКТОРЫ

В электрических машинах обычно применяют цилиндрические коллекторы, собранные из медных пластин *5* (рис. 15,*а*) клинообразного сечения, изолированных друг от друга прокладками *12*. В пластинах с торцов выполняют выточки, которые придают им форму «ласточкина хвоста». Пластины от втулки *10* и нажимного кольца *3* изолируют манжетами *8*, выполненными в виде колец конусной формы, и цилиндром *7*.

Выточки выполняют с такими размерами, при которых наружные поверхности манжет отделяются от пластин зазором *6*. Благодаря этому конусные выступы на втулке и кольце при сближении их с помощью гайки *1* сжимают за «ласточкин хвост» пластины и прижимают их и прокладки друг к другу боковыми сторонами. Такое крепление пластин называется арочным.

В верхней части пластины со стороны якорной обмотки расположены петушки *9*, которые представляют собой выступы с прорезями *11* для вкладывания проводников обмотки. В средних и крупных машинах, в которых диаметр коллектора намного меньше диаметра якоря, для удобства соединения обмотки *14* (рис. 15,*б*) с коллектором и экономии коллекторной меди в пластины *5* впаивают ленточные петушки *13*.

Коллектор является одной из наиболее сложных и трудоемких частей электрической машины. Набор пластин и изоляционных прокладок должен быть прочно закреплен. Наружная (рабочая) поверхность коллектора, по которой скользят щетки, должна иметь строго цилиндрическую форму. Коллекторные пластины должны быть надежно изолированы друг от друга и других металлических деталей коллектора. Пыль и влага не

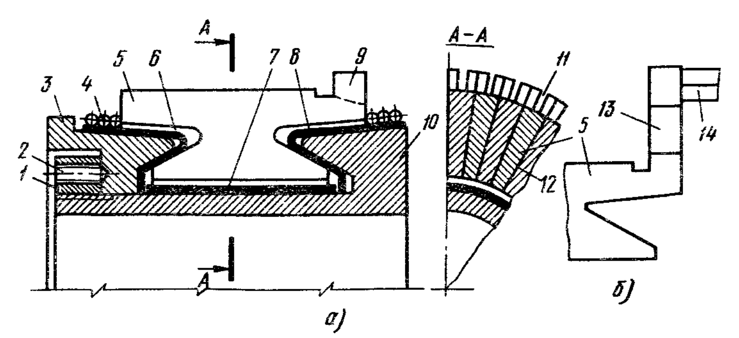


Рис. 15. Коллектор с креплением нажимными кольцами и арочным распором (*а*) и пластина с ленточным петушком (*б*)

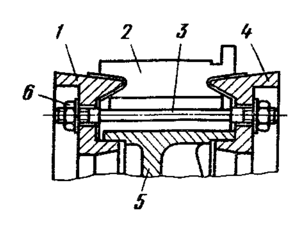


Рис. 16. Коллектор со стяжными шпильками:

1, 4 – нажимные кольца, *2* – коллекторная пластина, *3* – шпилька, *5* – ступица, *6* – гайка

должны проникать во внутренние полости коллектора, недоступные для осмотра и чистки. Поэтому в коллекторах с арочным распором на манжеты накладывают бандаж *4*, закрывающий зазор *6*. Бандаж предохраняет также выступающую часть манжеты от расслаивания. Контровка гайки коллектора осуществляется винтом *2* или другим способом.

Медь имеет большой коэффициент линейного расширения при нагреве ($\alpha_м = 17 \cdot 10^{-6}$ град$^{-1}$), чем сталь ($\alpha_с = 12 \cdot 10^{-6}$ град$^{-1}$). Кроме того, температура коллекторных пластин выше, чем температура стальной втулки, так как пластины нагреваются трением о них щеток и проходящим по ним током. Это приводит к тому, что в рабочем состоянии пластины удлиняются больше, чем втулка.

Температурные деформации могут привести к бочкообразному выгибу коллекторных пластин и нарушению контакта щетки с коллектором. Деформации особенно значительны в крупных коллекторах с большой длиной пластин. Поэтому в таких коллекторах «ласточкин хвост» стягивают с помощью податливых элементов: шпилек *3* (рис. 16) или гайкой через упругое пружинящее кольцо.

При удлинении пластин относительно тонкие шпильки растягиваются. Такая конструкция помогает сохранить цилиндричность рабочей поверхности коллектора. Шпильки рассчитывают таким образом, чтобы их деформация при удлинении происходила в пределах упругости материала. Появление в них остаточных деформаций при нагреве может привести к ослаблению коллектора при его остывании.

В быстроходных машинах при значительной длине коллек-

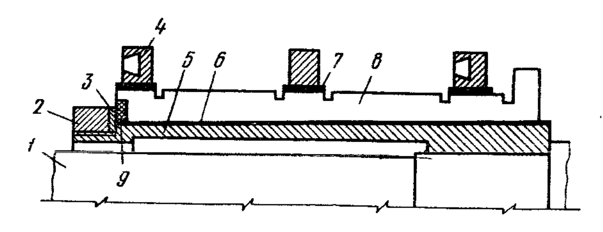


Рис. 17. Коллектор с бандажными кольцами

тора центробежные силы, действующие на пластины, настолько велики, что могут вызвать продавливание манжет, а сами пластины прогнуться. В таких машинах применяют коллекторы с бандажными кольцами *4* (рис. 17), в которых комплект из медных *8* и изоляционных пластин насаживают на конусную втулку *5*, изолированную миканитом *6*. Кольца от пластин также изолируют миканитом *7*. Втулка с натягом насажена на вал *1* только со стороны петушков, чтобы вал не препятствовал удлинению коллектора при нагреве. В осевом направлении пластины на втулке закрепляют гайкой *2*, давление от которой передается через металлическую *3* и изоляционную *9* шайбы. В крайних бандажных кольцах протачивают канавки в виде «ласточкина хвоста» для размещения балансировочных грузиков.

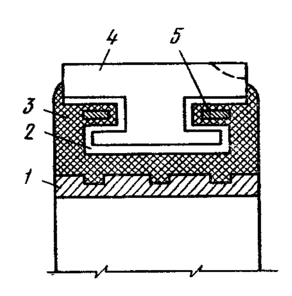


Рис. 18. Коллектор на пластмассе

В малых и средних машинах применяют коллекторы на пластмассе. В таких коллекторах во внутреннее отверстие цилиндра из медных и изоляционных пластин впрессовывается пластмасса *3* (рис. 18), которая охватывает крепежные выступы пластин *4*. Пластмасса в такой конструкции удерживает пластины при работе машины. Поэтому для коллекторов применяют пластмассы высокой прочности. В случае необходимости пластмассовый корпус упрочняют стальными кольцами *5*. Чтобы кольца не вызывали замыкания между пластинами, изоляционные прокладки *2* делают таких размеров, при которых они выступали бы за контур медных пластин внутри корпуса. Для повышения надежности посадки на вал в пластмассе корпуса располагают втулку *1*. Применение пластмассы упрощает конструкцию и удешевляет изготовление коллектора.

В электрических машинах наряду с цилиндрическими иногда применяют дисковые коллекторы, у которых пластины располагают на торцевой поверхности диска.

§ 11. КОНТАКТНЫЕ КОЛЬЦА

Контактные кольца применяют в синхронных и асинхронных машинах с фазовым ротором и располагают их на валу. К кольцам присоединяют обмотку ротора. У синхронных машин устанавливают два кольца, у асинхроиных – обычно три. К контактным кольцам синхронных машин через неподвижные

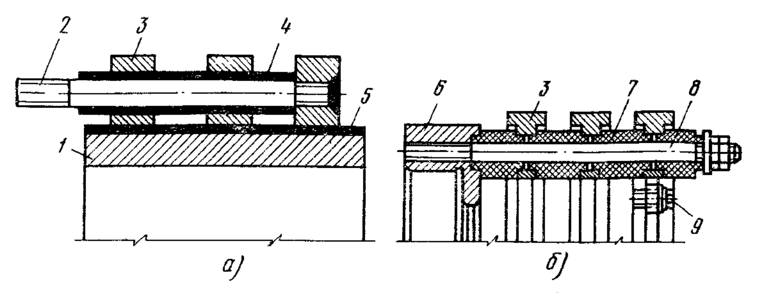


Рис. 19. Контактные кольца на втулке (*а*) и без нее (*б*)

щетки подсоединяют источник питания обмотки индуктора, а асинхронных – пусковой или регулировочный реостат.

Широкое распространение получили контактные кольца с посадкой на втулку. Различают кольца с холодной и горячей прессовкой.

Контактные кольца с холодной прессовкой на втулку применяют в асинхронных двигателях мощностью до 100 кВт. Чугунную или стальную втулку обертывают несколькими слоями изоляционного материала, после чего на нее насаживают по прессовой посадке кольца. Кольца с холодной посадкой менее трудоемки и значительно дешевле колец с горячей прессовкой, но менее надежны, так как из-за усыхания изоляции может ослабнуть посадка колец на втулке.

Более надежны кольца с горячей прессовкой. Их изготовляют с высококачественной слюдяной изоляцией – формовочным миканитом. Втулку обертывают несколькими слоями миканита, который плотно прижимают хомутом к ее поверхности и запекают в печи. Образуется монолитная изоляция *5* (рис. 19, *а*), надежно приклеенная к поверхности втулки *1*. Изолированную втулку обрабатывают резцом на токарном станке, выдерживая точный диаметр для обеспечения прессовой посадки. Кольца *3* насаживают в горячем состоянии. При остывании они плотно охватывают изолированную втулку.

Выводы от обмотки ротора присоединяют к токопроводящим шпилькам *2*, которые ввертывают в резьбовые отверстия колец и изолируют трубочками *4* из миканита или текстолита. Концы шпилек приваривают к кольцам для обеспечения надежного электрического контакта.

В последнее время широкое распространение получили контактные кольца без втулки. В этой конструкции фланец *6* (рис. 19, *б*) закрепляется на конце вала ротора. К нему с помощью шпилек *8* притягиваются кольца *3*, между которыми

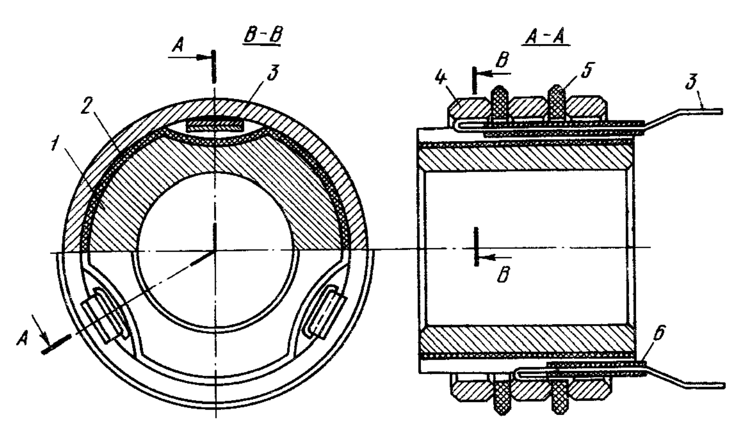


Рис. 20. Контактные кольца с токопроводящими шинками

устанавливают изоляционные пластмассовые втулки *7*. Выводы от обмотки ротора присоединяют болтами *9*, ввинчиваемыми в резьбовые отверстия, расположенные в приливах с внутренней стороны колец. Кольца без втулки хорошо охлаждаются, так как воздух может проходить между ними. Уменьшается также возможность пробоя между соседними кольцами, так как пыль, которая может служить причиной перекрытия, не накапливается в промежутках между кольцами.

В асинхронных двигателях малой мощности выводы от колец выполняют в виде шинок *3* (рис. 20) прямоугольного сечения, которые припаивают к кольцам *4* твердым припоем. В некоторых случаях для размещения шинок во втулке *1* предусматриваются три продольных паза. Такая конструкция обеспечивает минимальный диаметр колец и возможность их использования при эксплуатации почти до полного износа. Между кольцами устанавливают изоляционные шайбы *5*, которые выступают за наружную поверхность колец, надежно изолируя их друг от друга. Втулку изолируют формовочным миканитом *2* или бакелизированной бумагой. На выводные шинки устанавливают изоляционные втулкн *6*.

В малых машинах применяют также кольца, опрессованные пластмассой.

§ 12. ТОКОСЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Основной элемент токосъемного устройства — щетка — устанавливается в щеткодержателе и соприкасается с коллектором или контактными кольцами, являясь неподвижной частью

скользящего контакта. С помощью щеток осуществляется электрическая связь между вращающимися обмотками ротора и неподвижными токопроводящими частями машины.

Щеткодержатели закрепляют на щеточных пальцах или бракетах. В электрических машинах постоянного тока пальцы (или бракеты) устанавливают на кольцевой поворотной траверсе, которая позволяет одновременно перемещать все щетки по окружности коллектора для установки их в нейтральное положение.

Щетки изготовляют прессованием из смеси токопроводящих порошков и связующих веществ. Главными требованиями, предъявляемыми к ним, являются малое электросопротивление и способность хорошо пришлифовываться к коллектору или кольцам во время работы. Основным сырьем для щеток служат графит, кокс и сажа. В состав вещества щеток некоторых марок для увеличения электропроводности добавляется порошок меди. Добавление свинца и олова делает щетки более мягкими и менее склонными к вибрациям и распылению.

В зависимости от материалов и способа изготовления различают следующие марки щеток: угольнографитные (Г20, Г21, Г22), графитные (Г3, 611М, 611ОМ), электрографитированные (ЭГ2А, ЭГ2АФ, ЭГ4, ЭГ8, ЭГ14 и др.), металлографитные (М1, М3, М6, М20, МГ, МГ2 и др.).

Щетка имеет один или два медных гибких токопроводящих провода, к концам которых припаяны кабельные наконечники для присоединения к щеткодержателю или бракету. В микромашинах токоотвод иногда осуществляется через пружину, которая прижимает щетку к коллектору.

Выбор марки щетки для конкретных условий определяется многими факторами: мощностью и напряжением машины, характером нагрузки (спокойная или толчкообразная), наличием механических сотрясений, частотой вращения и т. д. Во многих случаях марку щетки подбирают опытным путем, чтобы обеспечить хорошую без искрения работу скользящего щеточного контакта. Поэтому заменять марку щетки при ремонте можно только тогда, когда это рекомендовано заводом-изготовителем машины.

Нормальная работа скользящего контакта обеспечивается только при определенном усилии прижатия щетки, которое рассчитывается по площади контакта щетки и давлению, рекомендованному стандартом на щетки ГОСТ 2332–75.

Плотный контакт помогает избежать искрения под щеткой, которое может привести к обгоранию поверхности коллектора или контактных колец. Однако следует иметь в виду, что завы-

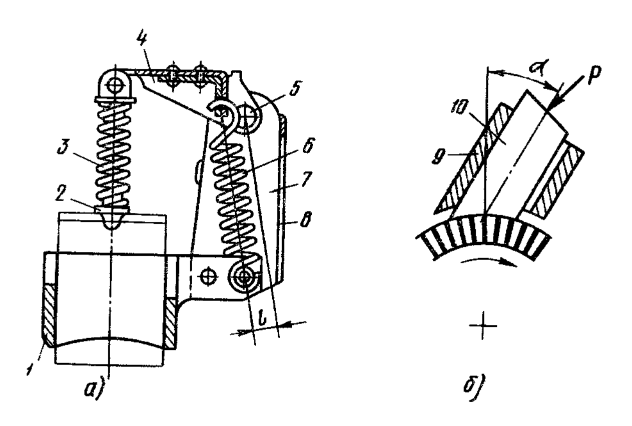


Рис. 21. Радиальный (*а*) и реактивный (*б*) щеткодержатели

шенное нажатие щеток повышает их износ, а также потери трения, износ и нагрев коллектора и контактных колец.

Щетка электрической машины устанавливается в окне щеткодержателя. Обойма *1* (рис. 21, *а*) охватывает и направляет ее. Контакт щетки с коллектором или контактным кольцом обеспечивает нажимное устройство, состоящее из пружины *6* и рычажка *4*.

В быстроходных крупных машинах постоянного тока кроме основной устанавливается амортизирующая пружина *3*, которую изолируют от щетки фарфоровым изолятором *2*. Щеткодержатель к бракету или плоскому пальцу крепится болтами за коробочку *7* через продольный паз *8*, который позволяет перемещать щеткодержатель по направлению к коллектору. Для крепления на круглом пальце щеткодержатели изготовляют с хомутиками.

По мере износа щетки длина пружины *6* уменьшается. Это приводит к уменьшению ее усилия. В современных конструкциях точку приложения усилия от пружины к рычажку *4* располагают таким образом, что по мере износа щетки увеличивается плечо *l* силы относительно оси *5*, благодаря чему давление на щетку не изменяется.

Щеткодержатель, показанный на рис. 21, *а*, называется радиальным. Ось щетки, располагающейся в нем, совпадает с продолжением радиуса коллектора. Такие щеткодержатели обычно применяют в реверсивных* машинах.

---

* Реверсивными называют машины, работающие при двух направлениях вращения.

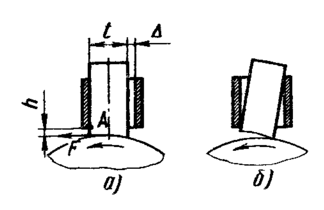


Рис. 22. Действие силы трения (*а*) и перекос щетки (*б*) в радиальном щеткодержателе

В нереверсивных машинах применяют также и наклонные щеткодержатели, у которых ось щетки образует некоторый угол с продолжением радиуса коллектора: реактивные (рис. 21, *б*) с осью щетки, наклоненной в направлении вращения, и волочащиеся. В наклонных щеткодержателях щетка *10* благодаря скосу верхней грани, который определяет направление усилия *P* от нажимного устройства, постоянно прижимается к стенке *9* обоймы. Этим обеспечивается ее неизменное (торцевое) положение в щеткодержателе и надежный контакт с коллектором. В радиальном щеткодержателе под действием силы трения *F* о коллектор (рис. 22, *а*) щетка перекашивается в пределах зазора Δ (рис. 22, *б*), занимая диагональное положение, упираясь в нижнюю кромку одной из стенок обоймы и в верхнюю кромку противоположной стенки. Значительный перекос щетки затрудняет ее перемещение в обойме и ухудшает контакт.

Момент, вызывающий перекос щетки, зависит от силы трения и расстояния *h* нижней кромки обоймы от поверхности коллектора. Большой момент сильнее прижимает щетку к стенке в точке *A*, затрудняя ее перемещение, и ухудшает контакт с коллектором. Поэтому удалять на значительное расстояние щеткодержатель от коллектора нельзя. Минимальное расстояние диктуется электрической прочностью промежутка и зависит от напряжения и размеров машины.

Перекос щетки может возникнуть и от неправильного направления усилия от нажимного устройства в результате искажения формы пружин или рычажков, передающих усилие на щетку.

Для контактных колец машин переменного тока применяют щеткодержатели зажимного типа (рис. 23). Щетка *8* зажимается в корпусе *5* щеткодержателя винтом *7* и прижимается к кольцу пружиной *10*. Щеткодержатели зажимного типа выполняют обычно сдвоенными – к одному пальцу *1* квадратного сечения с помощью скобы *4* и хомута *3* крепятся два корпуса *5*, устанавливаемые на осях *9*. Токоотвод от щеток осуществляется гибким проводом *6*, внешняя цепь присоединяется кабельным наконечником *2*. В этой конструкции нажатие при износе щетки практически остается неизменным, так как с уменьшением пру-

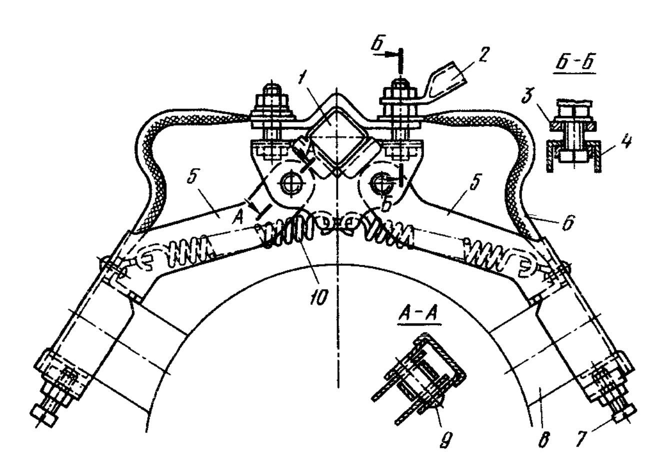


Рис. 23. Щеткодержатель для контактных колец

жины возрастает плечо – длина перпендикуляра, опущенного из центра оси вращения 9 на ось пружины.

В малых машинах применяют щеткодержатели, в которых пружина давит непосредственно на щетку без промежуточного рычага. Второй конец пружины упирается в колпачок, навинчиваемый на щеткодержатель.

Пальцы щеткодержателей выполняют в виде круглых стержней или призматическими (прямоугольного сечения). Круглые (цилиндрические) пальцы изготовляют из стали или латуни, вставляют одним концом в отверстие (ушко) траверсы и закрепляют гайкой или винтом. В машинах постоянного тока палец является токопроводящей деталью, поэтому его оставляют голым. От траверсы пальцы изолируют миканитовыми втулками и шайбами или опрессовкой конца стержня пластмассой.

Призматические пальцы изготовляют из стальной полосы, один конец которой опрессовывают пластмассой, или из полосы гетинакса *1* (рис. 24) или текстолита. Призматические пальцы дешевле в производстве, чем цилиндрические. Кроме того, они упрощают конструкцию щеткодержателя, так как не требуют хомутов. Щеткодержатели к ним крепятся винтами через отверстия.

Щеточная траверса в малых машинах обычно имеет форму звезды с числом лучей, равным числу полюсов. В траверсе предусматривают прорезь, которая позволяет ее стянуть винтом *3* для закрепления на посадочном месте. Надежная фикса-

ция от проворота осуществляется стопорным винтом *4*. Пальцы к траверсе крепят винтами *2* со стопорными шайбами.

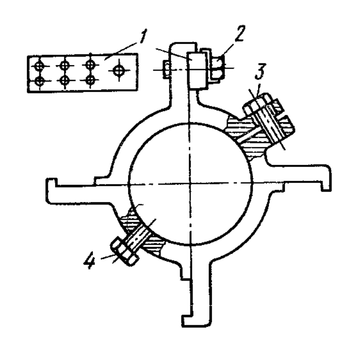


Рис. 24. Траверса малой машины

В асинхронных двигателях применяют щеткодержатели зажимного типа и с направляющим гнездом под щетку. Щеткодержатели с зажимом щетки используют в двигателях небольшой мощности, когда по допускаемой плотности тока достаточно одной щетки на кольцо. Для надежности обычно ставят две щетки, применяя сдвоенный щеткодержатель. Щеткодержатель с направляющей обоймой занимает мало места по окружности кольца, что позволяет в средних и крупных машинах разместить нужное число щеток.

§ 13. СЕРДЕЧНИКИ

Сердечники электрических машин, по которым проходит переменный магнитный поток, собирают (шихтуют) из изолированных друг от друга листов электротехнической стали толщиной 0,35 – 0,5 мм. Этим достигается значительное снижение потерь от вихревых токов.

Сердечники статоров и роторов машин переменного тока и якорей машин постоянного тока при наружном диаметре до 990 мм выполняют из листов в виде колец (рис. 25, *а*), а при большем диаметре – из сегментов (рис. 25, *б*), которые при сборке образуют магнитную систему кольцевой формы. В кольцах и сегментах выштампованы пазы под обмотку. В сегментах, кроме того, имеются пазы для крепления их к станине или на ободе ротора.

Тонколистовую электротехническую сталь изготовляют в виде рулонов, листов и ленты. Обозначения марок стали состоят из четырех цифр.

Первая цифра обозначает класс по структурному состоянию и виду прокатки: 1 – горячекатаная изотропная; 2 – холоднокатаная изотропная; 3 – холоднокатаная анизотропная. В анизотропных сталях магнитные свойства вдоль прокатки и в направлении, перпендикулярном прокатке, – различные.

Вторая цифра обозначает содержание кремния в данной марке стали. Добавка этого элемента увеличивает электриче-

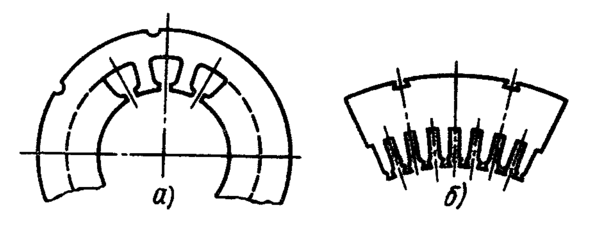


Рис. 25. Лист сердечника в виде кольца (*а*) и сегмента (*б*)

ское сопротивление стали и улучшает ее магнитные свойства. По содержанию кремния стали подразделяют на шесть групп: 0 – с содержанием кремния до 0,4% (нелегированная); 1 – от 0,4 до 0,8; 2 – от 0,8 до 1,8; 3 – от 1,8 до 2,8; 4 – от 2,8 до 3,8; 5 – от 3,8 до 4,8%.

Третья цифра в обозначении марки характеризует удельные потери и магнитные индукции, четвертая – порядковый номер типа стали.

В асинхронных двигателях единых серий А-АО и А2-АО2 была применена горячекатаная листовая сталь марки 1211(Э11)*, в двигателях серии 4А при высотах до 160 мм применяется холоднокатаная рулонная сталь 2013, а при высотах выше 160 мм – 2212. Стали, примененные в новой серии, имеют индукции на 4–8% большие при том же намагничивающем токе и на 20–30% меньшие удельные потери.

При штамповке листов сердечников из-за пластической деформации металл по контуру вырубки уплотняется (появляется наклеп). Наклеп значительно ухудшает магнитные свойства стали. Для их восстановления листы термически обрабатывают отжигом в печах с защитной атмосферой. Процесс отжига совмещается с другой термической операцией – оксидацией (получением тонкой оксидной пленки, которая служит изоляцией между листами сердечника).

Предварительно для получения качественной пленки производят удаление технологической смазки с поверхности листов обжигом. Термообработку листов производят в проходных рольганговых печах. Листы загружают в специальные поддоны. В первой камере с усиленной вентиляцией происходит отжиг листов при 350–380 °C. Затем поддон перемещается в печь, где листы нагреваются до 870 °C в среде газа, предотвращающей окисление. Оксидация происходит в камере при

* В скобках дано ранее установленное обозначение марок.

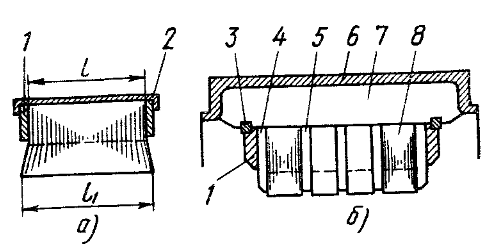


Рис. 26. Статорный сердечник, скрепленный скобами (*а*) и набранный в станину (*б*)

560 °С с подачей водяного пара. В качестве изоляции применяют также лаковую пленку, наносимую на боковые поверхности листов в специальных лакировальных машинах.

Сердечники статоров машин переменного тока мощностью до 100 кВт опрессовывают между нажимными шайбами *1* (рис. 26, *а*) и скрепляют скобами *2* по спинке. Зубцы, не имея опоры, могут на торцах отгибаться. Размер l_1 по ним может быть больше размера l по спинке на 1 – 2 мм и более в зависимости от высоты зубца. Это явление называется *распушением*, или *веером зубцов*. Изоляция обмоток может быть нарушена из-за перемещения листов при недостаточной прессовке или распушении сердечника.

Распушение уменьшают установкой с торцов сердечника крайних утолщенных или сваренных друг с другом точечной сваркой или склеенных листов. Монолитный сердечник получают склейкой всех его листов.

Сердечники статоров микромашин и малых машин в спрессованном состоянии заливают алюминиевым сплавом. Заливка частично захватывает торцы сердечника, благодаря чему он оказывается закрепленным в алюминиевой оболочке, которая является одновременно и корпусом машины.

Сердечники статоров диаметром от 493 до 990 мм чаще всего шихтуют непосредственно в станину. Посадку обычно осуществляют на ребра *7* (рис. 26, *б*) станины *6*. Сердечник спрессовывают между двумя массивными нажимными шайбами *1*, которые закрепляют в корпусе в осевом направлении шпонками *3*. Шпонки приваривают, чтобы предохранить их от выпадания, к станине или шайбам. Давление при спрессовке сердечника передается через нажимные пальцы *4*, которые крепят к крайним листам точечной сваркой или расклепкой специальных выступов на них, входящих в отверстия зубцов крайних листов. Нажимные пальцы ликвидируют веер зубцов.

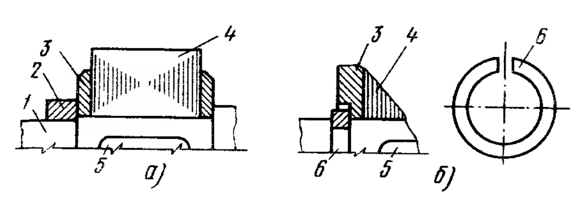


Рис. 27. Крепление сердечника на валу втулкой (*а*) и пружинным кольцом (*б*)

Сердечники статоров средних машин обычно для лучшего охлаждения изготовляют из нескольких пакетов *8*, разделенных вентиляционными каналами. Каналы образуются установкой дистанционных распорок *5* – ветрениц, которые по конструкции аналогичны нажимным пальцам. Распорки крепят к крайним листам пакетов сваркой или расклепкой.

Сердечники роторов *4* (рис. 27,*а*) при наружном диаметре до 300–400 мм насаживают непосредственно на вал *1*. Для передачи вращающего момента на валу в месте посадки сердечника устанавливают шпонку *5*. В машинах малой мощности вместо шпонки применяют накатку. Сердечники спрессовывают между нажимными шайбами *3*. С одной стороны ротора шайба упирается в буртик вала, с другой – фиксируется в осевом направлении втулкой *2*, насаженной по прессовой посадке, или пружинным стопорным кольцом *6* (рис. 27,*б*), устанавливаемым в канавку на валу. Нажимная шайба имеет выточку на глубину 3–4 мм, которая предохраняет кольцо от разгибания под действием центробежных сил. Пружинные кольца могут быть установлены с обеих сторон сердечника.

В якорях машин постоянного тока и фазовых роторах асинхронных двигателей нажимные шайбы совмещаются с обмоткодержателями, которые выполняются в виде кольцевых приливов на шайбе и служат для опоры лобовых частей. При коротких и жестких лобовых частях в тихоходных машинах обмоткодержатели не предусматривают.

Сердечники роторов при наружном диаметре от 300–400 мм до 990 мм насаживают обычно на промежуточную втулку с отверстиями или ребрами для уменьшения массы. Втулку напрессовывают на вал.

Главные полюса машин постоянного тока пронизываются постоянным магнитным потоком. Потери у них возникают только на внутренней поверхности наконечников, обращенной к воздушному зазору, вследствие пульсаций магнитного потока при поочередном прохождении под участком наконечника зуб-

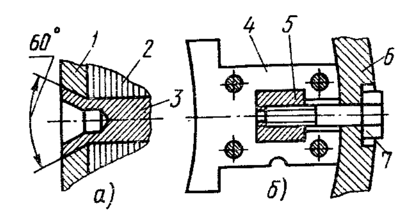


Рис. 28. Крепление сердечника полюса заклепками (*а*) и стержнем (*б*)

цов и пазов. Полюса для уменьшения потерь набирают из листов толщиной 1–2 мм. При бóльших толщинах затрудняется штамповка листов и увеличиваются поверхностные потери, при меньших толщинах увеличиваются затраты труда вследствие увеличения количества листов, а также уменьшается коэффициент заполнения сердечника сталью.

Листы полюсов *2* скрепляют заклепками *3* (рис. 28, *а*). Для получения монолитного полюса крайние листы *1* делают из более толстой стали. Полюса к корпусу крепят болтами, которые ввертывают в резьбовые отверстия, нарезанные в теле сердечника.

Заклепки, стягивающие полюса, имеют отверстия на концах и развальцовываются в конические зенковки в крайних листах, выполняемые обычно с углом 60°.

В крупных тяжелых полюсах скрепление листов с помощью одних только заклепок оказывается недостаточным: полюс деформируется при подтягивании его к станине. В этом случае в сердечник *4* запрессовывают стальной стержень *5* (рис. 28, *б*) с резьбовыми отверстиями для крепления полюса к корпусу *6* болтами *7*.

У одного и того же листа статора или ротора угол между осями пазов и сами размеры пазов получаются неодинаковыми. Это происходит потому, что при изготовлении штампов всегда неизбежны погрешности. Стенки пазов получаются неровными. Чтобы уменьшить эти неровности, сердечники собирают из листов, вырубленных одним и тем же штампом и расположенных в таком же положении, в каком они штамповались.

Для выполнения этого условия листы изготовляют с шихтовочными знаками в виде скругленных выемок (см. рис. 25, *а*). У статорных листов знаки располагаются на наружной поверхности, у роторных – на внутренней. Обычно на листе выполняют два знака с таким расчетом, чтобы при смещении или перевертывании листов они не совпадали. Полюсные листы для обеспечения гладкой поверхности и плотного прилегания к станине также выполняют с шихтовочным знаком (см. рис. 28, *б*).

§ 14. ИЗОЛЯЦИЯ ОБМОТОК

Витки обмотки должны быть изолированы один от другого и от сердечника. Междувитковой изоляцией обычно является изоляция самого провода. Витки из голых проводников изолируют лентами или прокладками. Изоляция от сердечника (корпусная изоляция) выполняется в виде коробочек, вставляемых в пазы сердечника, или наматывается на катушки перед их укладкой в сердечник или установкой на полюс.

Электроизоляционные материалы должны обладать высокой механической прочностью, высокими диэлектрическими характеристиками и сохранять эти свойства длительно при рабочей температуре. Способность материалов противостоять воздействию высокой температуры без опасного для их эксплуатации ухудшения своих свойств называют *нагревостойкостью*. По нагревостойкости электроизоляционные материалы разделяют на семь классов.

Класс нагревостойкости изоляции	*Y*	*A*	*E*	*B*	*F*	*H*	*C*
Предельно допустимая температура, °С . . .	90	105	120	130	155	180	более 180

К классу *Y* относятся волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, к классу *A* – волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка, натурального, искусственного и синтетического шелка, пропитанные или погруженные в жидкий диэлектрик, к классу *E* – некоторые синтетические органические пленки, а также другие материалы с соответствующей нагревостойкостью (лавсан, винифлекс), к классу *B* – материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами. Те же материалы в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами соответствуют по нагревостойкости классу *F*. Применение кремнийорганических пропитывающих составов позволяет использовать материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна для изоляции класса *H*. К классу *C* относят слюду, керамические материалы, стекло, кварц без связующих или с неорганическими связующими соответствующей нагревостойкости.

Вредное влияние на электрическую изоляцию оказывает повышенная влажность окружающей среды. Влага, проникая в поры материала, ухудшает электроизоляционные свойства. Пропитка жидкими диэлектриками (лаками) повышает влагостойкость обмоток.

Тяжелые условия эксплуатации имеют место в странах с тропическим климатом, где в течение большей части года преобладает влажность, доходящая до 100% при высокой температуре окружающего воздуха. В этих условиях развивается грибковая плесень, разрушающая некоторые органические материалы. Для машин в тропическом исполнении применяют материалы на основе неорганических волокон в сочетании с кремнийорганическими соединениями.

Лаки делятся на три основных вида: пропиточные, покровные и клеящие. Пропиточные лаки применяют для пропитки обмоток. Они заполняют поры в изоляции, повышают ее электрическую прочность, уменьшают водопоглощаемость, повышают теплопроводность и нагревостойкость органических материалов, цементируют между собой отдельные витки обмотки.

Покровные лаки и эмали (лаки с мелкодисперсным неорганическим наполнителем) применяют для получения на поверхности твердой гладкой пленки. Их обычно наносят на пропитанные обмотки.

Обмотки электрических машин изготовляют из обмоточных (изолированных) или голых проводов круглого или прямоугольного сечения. Обмоточные провода выпускают с эмалевой, эмалево-волокнистой, волокнистой и пленочной изоляцией. Эмалированные провода изолируют тонкой пленкой специального лака. В эмалево-волокнистых проводах поверх лаковой пленки намотаны один или несколько слоев хлопчатобумажной пряжи или пряжи из натурального шелка, капрона, лавсана. Токопроводящую часть обмоточных проводов изготовляют из меди или алюминия. Наиболее употребительны следующие марки обмоточных проводов: ПЭЛ – с изоляцией лакостойкой эмалью; ПЭВ-1, ПЭВ-2 – на основе поливинилацеталевого лака (2 – утолщенная изоляция); ПЭТ-155 – с изоляцией высокопрочной эмалью на полиэфироимидной основе (выдерживают длительное воздействие температуры 155 °C); ПСД, ПСДТ, ПСДКТ – из двух слоев стекловолокна (Т – утоненная изоляция, К – кремнийорганический лак); ПЭВА-2 – с утолщенной изоляцией на основе поливинилацеталевого лака.

В обозначениях приведенных марок первая буква П означает провод, последняя А – алюминиевый.

В современных машинах все большее применение находят провода с прочной нагревостойкой эмалью. Они имеют малую толщину изоляции и допускают большие плотности тока, что позволяет уменьшить размеры обмоток, а следовательно, массу и размеры машины.

§ 15. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения нашли широкое применение в электрических машинах. Они меньше изнашиваются, чем подшипники скольжения, что особенно важно для машин с малым воздушным зазором, имеют меньшие потери на трение, могут значительное время работать без замены смазки.

В зависимости от воспринимаемой нагрузки подшипники качения подразделяют на радиальные, упорные и радиально-упорные. Радиальные подшипники в основном воспринимают силу, направленную перпендикулярно оси вращения (радиальная сила). Они допускают также и небольшие осевые нагрузки, что позволяет использовать их для фиксации ротора от осевых перемещений. Упорные подшипники воспринимают только осевую нагрузку и применяются в основном в машинах с вертикальным валом.

По форме тел качения различают шариковые (рис. 29, *а*) и роликовые (рис. 29, *б*) подшипники. Подшипник качения состоит из двух колец: наружного *2* и внутреннего *3*. Между ними размещены тела качения: шарики *1* или ролики *5*. Для их равномерного размещения по окружности служит сепаратор *4*. На кольцах со стороны, соприкасающейся с шариками или роликами, расположены дорожки качения, выполненные в виде кольцевых углублений или поясков.

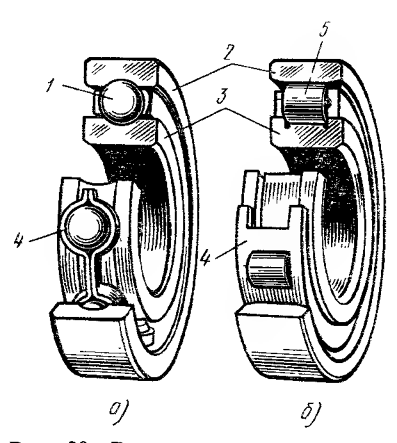


Рис. 29. Радиальный однорядный шариковый (*а*) и роликовый (*б*) подшипники

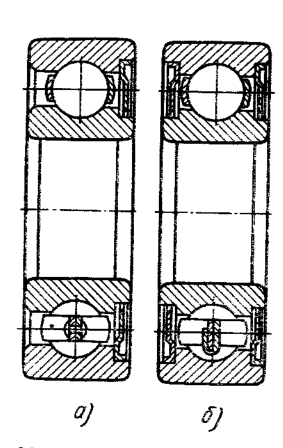


Рис. 30. Шарикоподшипники закрытого типа с одной (*а* – тип 60 000) и двумя защитными шайбами (*б* – тип 80 000)

В малых электрических машинах применяют подшипники закрытого типа с одной (рис. 30, *а*) или двумя (рис. 30, *б*) защитными шайбами. Эти подшипники не требуют установки в машине специальных уплотняющих устройств для удержания смазки, так как уплотнения встроены в сам подшипник в виде металлических шайб, запрессованных в наружное кольцо.

В новой единой серии асинхронных двигателей 4А при высотах оси вращения до 132 мм используют шарикоподшипники с двусторонним уплотнением (тип 180000), которые надежно герметизируют внутреннюю полость подшипника, предотвращая испарение жидкой фазы смазки. Такие подшипники могут надежно работать без замены смазки до 12000 ч.

Шариковые подшипники обычно изготовляют со штампованным сепаратором из листового материала. Штампованный сепаратор *4* (см. рис. 29, *а*) состоит из двух змейковых полусепараторов, которые соединены между собой заклепками (см. рис. 30, *а*), электросваркой или загнутыми усиками (см. (рис. 30, *б*). Роликовые подшипники изготовляют с массивными клепаными или целиковыми сепараторами.

В электрических машинах применяют подшипники с короткими цилиндрическими роликами и двумя бортами на внутреннем (см. рис. 29, *б*) или наружном кольце, а также с двумя бортами на наружном кольце и одним на внутреннем. Подшипники с бортами на наружном и внутреннем кольцах могут воспринимать не только радиальные, но и осевые нагрузки.

Роликовые подшипники, как правило, могут быть разобраны: кольцо, не имеющее бортов или имеющее только один борт, может быть снято с подшипника. Роликовые подшипники благодаря разборной конструкции более удобны для монтажа, но более чувствительны к перекосам оси вала относительно гнезд в щитах, чем шариковые подшипники.

У подшипников при одних и тех же внутренних диаметрах могут быть различны наружный диаметр и ширина, которые определяют серию подшипника и его грузоподъемность. Различают легкую, среднюю и тяжелую серии.

В малых машинах в обеих опорах устанавливают шариковые подшипники. Роликовые подшипники благодаря большей контактной поверхности между роликами и дорожками качения могут воспринимать бóльшие радиальные нагрузки, чем шариковые тех же размеров. Поэтому их обычно применяют в подшипниковых опорах со стороны привода в машинах мощностью в десятки и сотни киловатт.

ГОСТ 520–71 на подшипники качения предусматривает пять классов точности подшипников (табл. 5).

Таблица 5. **Классы точности подшипников**

Точность	Обозначение класса		Точность	Обозначение класса	
	новое	старое		новое	старое
Нормальная	0	Н и П	Прецизионная	4	С
Повышенная	6	ВП, В и АВ	Сверхпрецизионная	2	Т и СТ
Высокая	5	А и СА			

Условное обозначение подшипника наносится в виде маркировки обычно на торце одного из колец и состоит из ряда цифр. Первая и вторая цифры справа обозначают условный диаметр иала; умножая их на 5 (при диаметре вала выше 20 мм), получаем его размер в миллиметрах. Третья цифра определяет серию подшипника, четвертая – тип, пятая и шестая – конструктивные особенности, седьмая цифра после дефиса обозначает класс точности подшипника. Кроме того, справа от цифровой маркировки могут находиться буквы с цифрами, которые обозначают материал деталей подшипника, марку смазки, требования к шуму, издаваемому подшипником, и т. д. Так, например, маркировка 310 обозначает шариковый радиальный однорядный подшипник средней серии 300 с внутренним диаметром 50 мм нулевого класса точности (цифра 0 в обозначении не ставится). Более сложное обозначение 6-180604С9Ш1 соответствует шариковому однорядному подшипнику шестого класса точности с двусторонним уплотнением средней широкой серии, внутренним диаметром 20 мм, смазкой марки ЛЗ-31 и требованиями к шуму Ш1.

В малых электрических машинах и микромашинах, где нагрузки невелики, применяют шариковые однорядные радиальные подшипники. Наружное кольцо одного из подшипников *6* (рис. 31, *а*) обычно зажимают в щите *5* между фланцами *4* и *7*. Поскольку внутреннее кольцо имеет неподвижную посадку и прижато к борту вала, этот подшипник определяет положение ротора относительно статора машины в осевом направлении. Такая подшипниковая опора называется *фиксированной*. Второй подшипник *2* устанавливается в «плавающей» опоре, обеспечивающей его свободное перемещение в щите в осевом направлении. Чтобы избежать заклинивания подшипников, зазоры *а* должны быть больше суммы допусков на осевые размеры корпусных деталей и вала с учетом изменения длины вала и корпуса при иагревании. В машинах с фиксированной опорой осевой разбег ротора определяется осевой

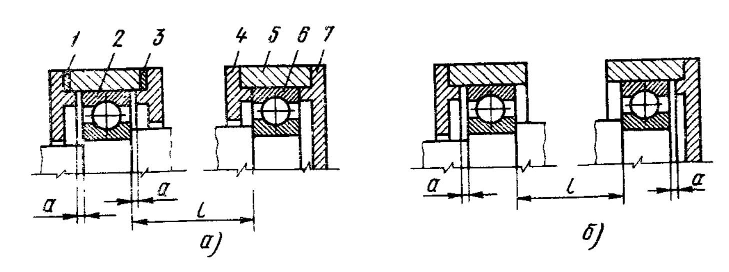


Рис. 31. Установка шарикоподшипников:

а – с фиксированной опорой, *б* – враспор; *l* – расстояние между подшипниками, *а* – зазор между фланцем и подшипником

игрой шарикоподшипника и равен десятым долям миллиметра. При унификации щитов и фланцев зазоры в плавающей опоре выдерживают с помощью дистанционных шайб *1* и *3*.

С целью упрощения конструкции в малых машинах применяется также установка шарикоподшипников враспор (рис. 31, *б*). Внутренние фланцы в таких машинах обычно отсутствуют. Чтобы избежать заклинивания подшипников, с обеих сторон оставляют зазоры *а*. Осевой разбег ротора при такой конструкции определяется зазорами.

В машинах мощностью в сотни киловатт опора со стороны привода, особенно при ременных передачах, нагружена такой силой, что грузоподъемности шарикового подшипника недостаточно. В этих случаях устанавливают роликовый подшипник. Наружные кольца закрепляют в осевом направлении у обоих подшипников. Плавающей опорой служит роликовый подшипник, у которого тела качения могут перемещаться вдоль машины по кольцу, не имеющему бортов. При больших нагрузках на обе опоры устанавливают роликовые подшипники с обеих сторон машины. Для фиксированной опоры выбирают роликовый подшипник с бортами на наружном и внутреннем кольцах.

Для нормальной работы подшипников качения необходим определенный рабочий зазор, чтобы обеспечить свободное перекатывание шариков и роликов. Повышенный зазор нарушает точность вращения ротора. Ось ротора при работе машины может произвольно изменять свое положение на радиальный зазор подшипника δ (рис. 32, *а*), что приводит к ударам тел качения о беговые дорожки колец и повышенному износу подшипника.

Чтобы исключить вредное влияние повышенных зазоров, в электрических машинах применяют шариковые подшипники

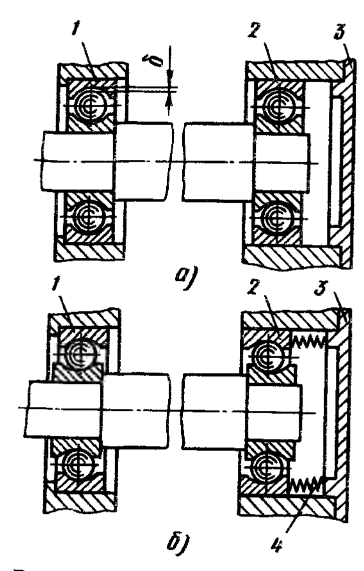


Рис. 32. Положение колец и шариков без предварительного натяга (*а*) и с предварительным натягом (*б*)

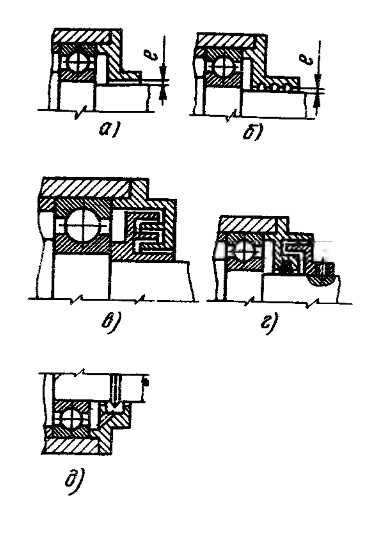


Рис. 33. Уплотнения подшипников:

а – с кольцевым зазором, *б* – с жировыми канавками, *в* – лабиринтное, *г* – комбинированное, *д* – с маслоотражательным кольцом

с предварительным осевым нагружением (предварительным натягом). В плавающей опоре между фланцем *3* (рис. 32, *б*) и торцом наружного кольца *2* подшипника устанавливают пружины *4*, которые перемещают наружное кольцо *2* и через шарики весь ротор в сторону второго подшипника *1*.

Правильно выбранное усилие предварительного натяга обеспечивает более спокойную работу подшипника, прижимая все шарики к беговым дорожкам, и повышает долговечность подшипника. Чрезмерный натяг, создавая значительную нагрузку на подшипник, уменьшает его долговечность. Поэтому при ремонте машины осевое усилие, действующее на подшипник, должно быть сохранено. Обычно применяют пружины в виде волнистых колец, вырубленных из листа, которые занимают немного места по длине машины. Такие пружины устанавливают между торцом фланца и наружным кольцом подшипника. Для регулировки усилия пружины предусматривают дистанционные шайбы.

Подшипник в щите монтируется обычно по свободной посадке, которая не препятствует проворачиванию его наружного кольца. Медленное проворачивание кольца (один оборот за не-

сколько минут) допустимо и даже полезно, так как при этом радиальная нагрузка, передающаяся через тела качения, действует поочередно на различные точки дорожки наружного кольца. Однако медленное вращение практически трудно осуществимо; кольцо, установленное по посадке без натяга, вращается с большей частотой. Это приводит к выработке гнезда в щите и преждевременному выходу из строя подшипника. Поэтому нельзя допускать ослабления посадки подшипников в гнезда щита.

Проворачивание внутреннего кольца подшипника на шейке вала исключается посадкой его с натягом. Кольцо плотно обжимает вал, и возникающие при этом силы трения между поверхностями надежно его стопорят.

Подшипниковые опоры снабжают специальными устройствами – уплотнениями, которые защищают подшипник от попадания в него снаружи пыли, грязи и влаги, а также препятствуют вытеканию смазки.

В машинах нашли широкое применение уплотняющие устройства с кольцевым (рис. 33, *а*) зазором *е* и кольцевыми (жировыми) канавками (рис. 33, *б*). В условиях загрязненной среды более надежны лабиринтные уплотнения (рис. 33, *в*). Фетровые уплотнения применяют при небольших окружных скоростях на шейке вала, не превышающих 5 м/с для шлифованных шеек и 8 м/с для полированных. При повышенных скоростях возрастает температура за счет трения фетрового кольца о вал. Кольцо при нагреве затвердевает, вследствие чего резко увеличивается его износ и снижается эффективность уплотнения. В необходимых случаях устанавливают комбинированные уплотнения. Так, например, фетровые кольца применяют совместно с лабиринтными (рис. 33, *г*). Для предотвращения утечки жидкой смазки широко используют маслоотражательные кольца (рис. 33, *д*). Отброшенное кольцом масло накапливается в кольцевой проточке и сливается в подшипник.

§ 16. ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники скольжения по расположению подразделяют на две группы: щитовые (вмонтированные в щиты); вынесенные (стояковые). В большинстве случаев подшипники скольжения применяют для крупных машин и закрепляют на стояках. Щитовые подшипники встречаются в старых типах машин малой и средней мощности. Подшипники скольжения могут быть легко выполнены разъемными, что облегчает сборку крупных машин.

Большим преимуществом подшипников скольжения является бесшумность. Поэтому в современных микродвигателях их применяют в тех случаях, когда предъявляют высокие требования к уровню шума, например в двигателях для аппаратов магнитной записи.

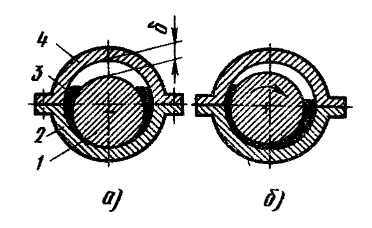


Рис. 34. Положение вала в подшипнике скольжения в покое (*а*) и при вращении (*б*)

В подшипниках скольжения шейка вала или цапфа *1* (рис. 34, *а*) охватывается втулкой (вкладышем). В щитовых подшипниках вкладыш обычно изготовляют цельным, в стояковых – разъемным, состоящим из двух половин – верхней *4* и нижней *2* с разъемом по горизонтальной плоскости. Для нормальной работы между цапфой и вкладышем должен быть определенный зазор δ, зависящий от диаметра цапфы, частоты вращения и нагрузки на подшипник.

Уменьшение трения между цапфой и вкладышем достигается созданием таких условий, при которых соприкасающиеся поверхности оказываются разделенными слоем смазки, т. е. работой в режиме жидкостного трения. Существуют два способа создания жидкостного трения: гидродинамический и гидростатический.

При гидродинамическом способе разделительный слой смазки образуется при вращении вала. Невращающаяся цапфа *1* соприкасается с поверхностью вкладыша. При трогании с места между ними возникает полусухое трение. С ростом частоты вращения масло *3* за счет вязкости затягивается в клиновой зазор между валом и вкладышем. В результате сжатия в смазочном слое возникает повышенное давление, которое приподнимает вал (рис. 34, *б*). Создается гидродинамическая поддерживающая сила, которая возрастает пропорционально вязкости масла и частоте вращения и уменьшается с увеличением зазора.

В гидростатических подшипниках масляный слой между трущимися поверхностями создается подводом масла под давлением от насоса в нижнюю точку, где цапфа соприкасается с вкладышем. Гидростатический способ позволяет уменьшить износ рабочих поверхностей в процессе пуска и останова машины. При определенном давлении и количестве подаваемого масла ротор поднимается и поддерживается масляной пленкой независимо от частоты вращения.

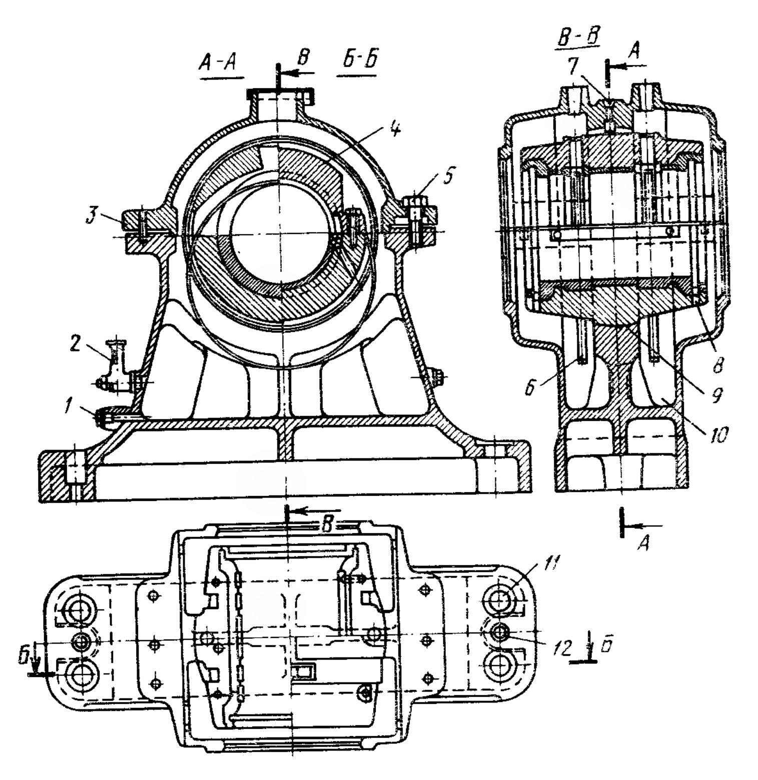


Рис. 35. Стояковый подшипник скольжения

В стояковом подшипнике вкладыш *4* (рис. 35) устанавливают в специальное гнездо в верхней части чугунного стояка. Для удобства монтажа ротора машины вкладыш выполняется поло-разъемным по горизонтальной плоскости. Верхняя его половина прижимается к нижней крышке *3* с помощью болтов *5*, ввинчиваемых в корпус стояка. Поверхность вкладыша, прилегающую к валу, заливают антифрикционным сплавом – баббитом. Вкладыш имеет кольцевой поясок *9* со сферической поверхностью, центр которой расположен на оси вала, благодаря чему вкладыш при перекосах свободно поворачивается вместе с шейкой вала. Такие подшипники называются *самоустанавливающимися*. Винт *7* стопорит вкладыш от поворота, входя в паз, расположенный в верхней его половине.

Масло заливают в камеру *10*. Для наблюдения за его уровнем на стояке установлен маслоуказатель *2* со стеклянной

трубкой, на которой имеются отметки верхнего и нижнего уровней. Слив масла производится через отверстие, закрытое резьбовой пробкой *1* с уплотнительной прокладкой. Подшипник крепится к фундаментной плите болтами через отверстия *11*. После окончательной сборки машины в отверстия *12* устанавливают конические штифты, фиксирующие положение стояка на плите. В плите предварительно просверливают отверстия, которые развертывают на конус вместе с отверстиями *12*.

Масло к поверхностям трения подшипника подается кольцами *6*, входящими в прорези на верхней половине вкладыша. В собранной машине кольца свободно лежат на шейке вала, нижние их части погружены в масло. При работе масло подается в прорези вращающимися кольцами и, растекаясь по продольным маслораспределяющим канавкам, попадает на внутренние поверхности вкладыша. Канавки не имеют выхода на торцевую поверхность вкладыша, чтобы не происходило выливания масла из рабочей зоны. С обеих сторон вкладыша расположены маслоулавливающие кольцевые проточки с дренажными отверстиями *8* для стока масла в камеру стояка. Для обеспечения свободного вращения кольца прорезь делают примерно в 1,5 раза шире кольца и такой глубины, чтобы кольцо ложилось на шейку вала.

Смазочные кольца при разъемных вкладышах делают составными для удобства сборки машины. Кольцо погружают в масло примерно на 0,2 – 0,25 его диаметра. Уменьшение уровня масла в процессе эксплуатации до известных пределов не влияет на его подачу в подшипник. В машинах постоянного тока кольца изготовляют из бронзы или латуни, так как стальные кольца могут намагнититься.

В некоторых случаях применяется дисковая подача смазки с помощью колец или дисков, устанавливаемых на вал по неподвижной посадке. Диск купается нижним краем в масле и при вращении подает его в верхнюю часть подшипника, где оно снимается специальными скребками и по каналам подается к поверхностям трения.

В высокооборотных машинах применяют циркуляционную смазку. При этом способе масло подается к трущимся поверхностям насосом под давлением. В реверсивных машинах подача масла производится в верхнюю точку вкладыша, в нереверсивных – в горизонтальную щель с таким расчетом, чтобы масло увлекалось при вращении в верхнюю половину вкладыша.

Существуют также и комбинированные способы смазки. Например, при циркуляционной смазке устанавливают допол-

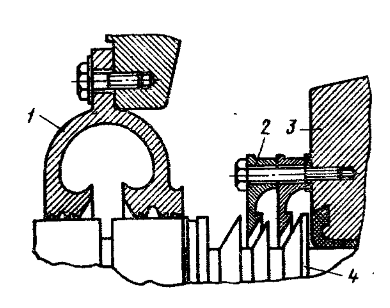


Рис. 36. Уплотнение подшипника скольжения

нительно маслоподающие кольца. В крупных сильно нагруженных подшипниках применяют водяное охлаждение. Вода циркулирует по трубкам, залитым в толщу баббита.

Маслоулавливающие канавки на вкладыше не могут полностью исключить вытекание масла по валу из подшипника. Поэтому подшипники снабжают уплотняющими устройствами, прикрепляя, например, к торцевой поверхности вкладышей *3* (рис. 36) маслоотбойные кольца *2*. На валу вытачивают канавки по форме колец и бортов *4*. Масляная пленка, распространяющаяся вдоль вала по цапфе, не может перейти через борт, так как центробежные силы отбрасывают ее на больший диаметр. Брызги масла задерживаются кольцами *2*, затем стекают в масляную камеру подшипника. В быстроходных машинах и машинах с циркуляционной смазкой подшипников в месте выхода вала из стояка ставится вторая ступень уплотнения – лабиринт *1*. Щитовые подшипники скольжения обычно уплотняют фетровыми кольцами, установленными в канавки, проточенные в щите (месте выхода вала из подшипника).

§ 17. МАРКИРОВКА ВЫВОДОВ ОБМОТОК

Выводы обмоток электрических машин обозначают в соответствии с ГОСТ 183–74.

В машинах постоянного тока выведенные наружу концы обмоток маркируют буквами: Я – обмотка якоря, К – компенсационная обмотка, Д – обмотка добавочных полюсов, С – последовательная обмотка возбуждения, Ш – параллельная обмотка возбуждения, Н – независимая обмотка возбуждения, П – пусковая обмотка, У – уравнительный провод и уравнительная обмотка. К буквенным обозначениям добавляются цифры: 1 – начало обмотки, 2 – конец обмотки; например, Я1 – начало обмотки якоря, Я2 – ее конец.

Якорные обмотки машин переменного тока в большинстве случаев располагают на статоре, поэтому их выводы обозначают буквой С. Начала *1*, *2* и *3*-й фаз трехфазной обмотки обозначают соответственно С1, С2, С3, концы фаз при открытой схеме – С4, С5, С6. Обычно зажимы трехфазной машины рас-

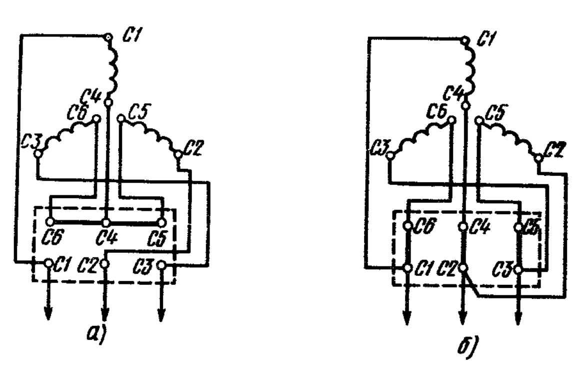


Рис. 37. Зажимы статорных трехфазных обмоток:
а – соединение звездой, *б* – соединение треугольником

полагают на колодке так, что соединение звездой достигается при горизонтальном расположении перемычек (рис. 37, *а*) и соединение треугольником – при их вертикальном расположении (рис. 37, *б*).

Современные трехфазные двигатели мощностью от 15 до 400 кВт изготовляют, как правило, с открытой схемой, у которой выводятся наружу начала и концы фаз. Это позволяет применять их на два номинальных напряжения и производить контроль изоляции между фазами в собранной машине при испытаниях и в эксплуатации. В некоторых машинах обмотки статора соединены звездой или треугольником наглухо и на колодку зажимов выводятся три (С1, С2, С3 – начала фаз) или четыре вывода. К четвертому зажиму присоединяют вывод от нулевой точки при соединении фаз звездой, которая обозначается 0.

Выводы фаз обмоток многоскоростных асинхронных двигателей обозначаются дополнительно впереди букв цифрами, указывающими число полюсов данной обмотки, например 4С1, 4С2, 4С3.

Выводы обмоток роторов асинхронных двигателей обозначают буквой Р: Р1 – начало первой, Р2 – начало второй, Р3 – начало третьей фазы. При четырех контактных кольцах нулевая точка обозначается 0. Контактные кольца обозначаются так же, как и выводы присоединяемых к ним фаз: Р1 – наиболее удаленное от обмотки кольцо, за ним Р2 и т. д. Сами кольца обычно не маркируются.

Выводы статорных обмоток однофазных синхронных машин обозначаются: С1 – начало, С2 – конец обмотки. У асинх-

ронных однофазных двигателей выводы статорных обмоток обозначают следующим образом: С1 – начало главной обмотки, С2 – ее конец; В1 – начало вспомогательной обмотки, В2 – ее конец. Обмотки возбуждения (индукторов) синхронных машин обозначают: И1 – начало, И2 – конец.

Маркировку выводов наносят на колодку зажимов рядом с зажимами или непосредственно на выводы обмоток: на кабельные наконечники, шины, на специальные обжимы, плотно закрепляемые на проводах. В малых машинах, где из-за недостатка места буквы и цифры разместить трудно, выводные концы обозначаются разноцветными проводами.

В трехфазных асинхронных машинах начала 1, 2 и 3-й фаз обозначаются соответственно желтым, зеленым и красным цветами. Концы фаз при открытой схеме обозначаются теми же цветами, что и начала, но с добавлением черного цвета. Нулевая точка при соединении фаз в звезду обозначается черным цветом. Выводы обмотки, соединенной треугольником, обозначаются тем же цветом, что и начала фаз в открытой схеме.

В однофазных асинхронных машинах начало главной обмотки обозначается красным цветом, начало вспомогательной – синим, а концы – тем же цветом, что и начала, но с добавлением черного цвета. При трех выводах общая точка обозначается черным цветом.

В малых коллекторных машинах постоянного и переменного тока выводы (начала обмоток) маркируют следующими цветами: белым – обмотка якоря, красным – обмотка последовательного возбуждения, зеленым – обмотка параллельного возбуждения. На концах обмоток добавляется черный цвет.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электрооборудования различают по степени защиты от окружающей среды? Назовите их характерные признаки.
2. Назовите основные части электрической машины и расскажите об их назначении и устройстве.
3. Расскажите об охлаждении электрических машин. Какими преимуществами и недостатками обладают закрытые двигатели?
4. Расскажите о сериях электрических машин и условных обозначениях типов электродвигателей.
5. Как устроены коллектор, контактные кольпа и токосъемное устройство электрической машины?
6. Расскажите об изоляции обмоток. Какие качества придает обмотке пропитка ее лаком?
7. Как устроены подшипники качения? Какие меры в конструкции электрических машин принимают для обеспечения их долговечности?
8. Опишите устройство подшипников скольжения и системы их смазки.
9. Расскажите о маркировке выводов электрических машин.

Глава II

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 18. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА

Система планово-предупредительного ремонта (система ППР) представляет собой комплекс работ, проводимых по заранее составленному плану для предупреждения неожиданного выхода оборудования из строя. Основной задачей системы ППР является удлинение межремонтного срока службы оборудования, снижение расходов на его ремонт и повышение качества ремонта. Система ППР включает техническое (межремонтное) обслуживание, текущий и капитальный ремонты. В ряде отраслей промышленности наряду с текущим и капитальным выполняется также средний, который включает в себя ряд работ из текущего и капитального ремонтов оборудования.

Основой системы ППР, определяющей трудовые и материальные затраты на ремонт, является ремонтный цикл и его структура. *Ремонтный цикл* – это продолжительность работы оборудования в годах между двумя капитальными ремонтами. Для нового оборудования ремонтный цикл исчисляется с момента ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

Структурой ремонтного цикла называется порядок расположения и чередования различных видов ремонтов и осмотров в пределах одного ремонтного цикла. Время работы оборудования, выраженное в месяцах календарного времени между двумя плановыми ремонтами, называется *межремонтным периодом*. Чем реже будет ремонтироваться оборудование, тем ниже будут затраты на ремонт. Однако величина ремонтного цикла и его структура должны быть такими, чтобы была обеспечена надежная работа данного вида оборудования при заданных условиях эксплуатации.

Техническое обслуживание включает в себя в основном работы профилактического характера: наблюдение за оборудованием, выполнение правил эксплуатации, своевременную регулировку машин и устранение мелких неисправностей (мелкий ремонт). Межремонтное обслуживание производится преимущественно без простоя оборудования (в обеденные перерывы, между рабочими сменами, во время переналадок агрегатов и т. д.). При техническом обслуживании производят подтяжку контактов, креплений, смену щеток, чистку доступных частей ма-

шины (наружных поверхностей, коллекторов, контактных колец) и др.

В период между плановыми ремонтами производят также осмотры машин по специальному графику. При осмотре выявляют дефекты, которые должны быть немедленно устранены, и дефекты, подлежащие устранению при ближайшем плановом ремонте. По результатам осмотра заполняют карту, в которой указывают температуру корпуса, сердечников, обмоток, подшипников, вибрации, степень искрения щеток, выработку коллектора и контактных колец, загрязненность обмоток маслом и пылью. Если обнаруженная неисправность может вызвать аварию или травмы персонала, машину немедленно останавливают.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей предписывают немедленный аварийный останов электрической машины при:

появлении дыма или огня из машины или пускорегулирующей аппаратуры;

несчастном случае;

сильной вибрации, угрожающей целостности машины;

поломке приводимого механизма;

недопустимо сильном перегреве подшипников;

заметном снижении частоты вращения, сопровождаемом быстрым нагревом машины.

Текущий ремонт обычно проводят на месте установки – без демонтажа машины с фундамента. Капитальный ремонт, как правило, выполняют в электроремонтном цехе или на специализированном ремонтном предприятии.

Типовой объем текущего ремонта предусматривает проведение операций технического обслуживания, разборку машины, промывку и проверку состояния подшипников. Подшипники качения заменяют новыми, если радиальный зазор у них превышает максимально допустимый. У подшипников скольжения проверяют работу смазочных колец. Статорные и роторные обмотки, коллекторы, вентиляционные каналы продувают сжатым воздухом. Проверяют состояние обмоток и надежность крепления их лобовых частей. Местные повреждения изоляции и дефекты крепления устраняют. При необходимости обмотки сушат и покрывают их лобовые части эмалью. Проверяют и подтягивают места креплений (крепление к фундаменту, салазкам, крепление шкивов, муфт и т. п.). Поврежденные крепежные детали заменяют новыми. Производят зачистку, проточку и шлифовку контактных колец и коллекторов, регулировку щеткодержателей и ряд других работ. После ремонта

машину собирают, проверяют защитное заземление, подсоединяют машину к сети и проверяют ее работу на холостом ходу и под нагрузкой, устраняют повреждения окраски. Затем проводят приемо-сдаточные испытания.

Типовой объем капитального ремонта включает в себя операции текущего ремонта: внешний осмотр машины, проверку целостности обмоток. У машин с подшипниками скольжения проверяют осевой разбег ротора и зазор между шейкой вала и вкладышем. При необходимости производят перезаливку вкладышей.

При капитальном ремонте производят полную разборку машины, чистку и промывку всех частей, чистку, продувку и протирку сохраняемых обмоток и коллектора. В корпусах заваривают трещины, ремонтируют изношенные и забитые резьбовые отверстия. Кроме того, ремонтируют сердечники, щиты, валы, вентиляторы. При значительном снижении сопротивления изоляции обмотки сушат. После сборки машину окрашивают, затем она проходит приемо-сдаточные испытания.

Устаревшее оборудование при капитальных ремонтах модернизируют, улучшая его технические характеристики (мощность, надежность, экономичность, безопасность обслуживания и т. д.), частично изменяя конструкцию. Целесообразность модернизации должна быть экономически оправдана. Оборудование со значительным моральным износом, как правило, не модернизируют.

§ 19. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ЦЕХОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ

Различают централизованный ремонт, производимый на специальных ремонтных предприятиях, и децентрализованный — непосредственно на предприятиях, эксплуатирующих электрооборудование. Централизация обеспечивает высокий уровень технологии и организации производства и является основой повышения производительности труда и качества ремонта. Однако централизация ремонта не исключает профилактических ремонтов на каждом промышленном предприятии.

Специализированные ремонтные предприятия производят, как правило, капитальный ремонт с заменой старой обмотки, с полной разборкой оборудования, ремонтом или заменой изношенных деталей (щитов, валов, станин, вентиляторов, коллекторов и др.). Профилактические ремонты производят в плановом порядке для предупреждения прогрессирующего износа и исключения случайного выхода оборудования из строя. Теку-

щий ремонт является основным профилактическим видом ремонта, обеспечивающим долговечность и безотказность работы оборудования. При текущем ремонте, осуществляемом в процессе эксплуатации, поддерживается работоспособное состояние оборудования путем чистки, проверки, смазки, замены быстроизнашивающихся частей (щеток, подшипников и др.) новыми.

Прогрессивным направлением в организации ремонтных предприятий является создание на них обменного фонда. Резервирование электрических машин на складах эксплуатирующего предприятия не всегда целесообразно ввиду большой дефицитности машин и широкой их номенклатуры. Более выгодно этот резерв сосредоточить на ремонтном предприятии в виде обменного фонда. В этом случае нуждающаяся в капитальном ремонте машина может быть заменена аналогичной, что максимально сокращает время простоя технологического оборудования.

Обменный фонд позволяет также лучше организовать работу на ремонтном предприятии, так как склад ремонтного фонда обеспечивает непрерывное поступление машин на производство. Близкие по устройству машины можно запускать в производство определенными партиями, что способствует более полной загрузке оборудования, уменьшает стоимость и повышает качество ремонта.

Производственный процесс ремонта начинается с момента доставки электрических машин в здание электроремонтного предприятия или цеха и осуществляется в следующем порядке: разборка, дефектация и определение объема ремонта; ремонт, изготовление и замена частей и деталей; сборка, испытания и окраска машины.

Современное специализированное предприятие (цех) осуществляет ремонт электрооборудования по поточному принципу. Из склада ремонтного фонда электрические машины поступают в разборочно-дефектационное отделение, где их разбирают и моют. В этом же отделении производят дефектацию, в процессе которой все части разделяют на три группы: годные, негодные и требующие ремонта. Для разборки асинхронных двигателей до шестого габарита на ремонтных предприятиях с выпуском более 30 тыс. шт. в год используют стенды с наклонным тележечным конвейером.

Сборочные единицы и детали, которые могут быть применены без ремонта, а также требующие ремонта, направляют в комплектовочное отделение.

Комплектовочное отделение является важным звеном элек-

троремонтного цеха. В электроремонтном цехе крупного завода в ремонте одновременно может находиться несколько сотен электрических машин и другое электрооборудование различных типоразмеров. При таком большом количестве разобранного электрооборудования хранение сборочных единиц и деталей, а также четкая и своевременная комплектовка ими ремонтируемого электрооборудования требует выделения специальных служб, которые осуществляют следующие функции:

хранение не требующих ремонта деталей и сборочных единиц ремонтируемых машин до передачи их на сборку;

выдачу заказов на изготовление деталей для замены забракованных при дефектации;

прием и хранение вновь изготовленных и отремонтированных деталей и сборочных единиц;

комплектовку ремонтируемых машин деталями и изделиями со склада запасных частей (подшипниками, щетками, катушками обмотки, подшипниковыми щитами и крышками, различными прокладками и т. д.);

передачу полного комплекта деталей и сборочных единиц на сборку.

Комплектовочное отделение выполняет также и некоторые производственные функции, например расконсервацию подшипников качения, окраску внутренних поверхностей подшипниковых щитов и крышек.

Ремонт деталей и изготовление запасных частей осуществляет слесарно-механическое отделение цеха, а ремонт и замену обмоток – отделение обмоточно-изоляционных работ, которое включает заготовительный участок и участки укладки обмоток и пайки схем. Такое разделение операций освобождает укладчиков обмотки от всех вспомогательных работ и обеспечивает высокую производительность труда. После укладки обмотки сборочные единицы проходят операционные испытания на промежуточном испытательном стенде.

После пропитки в пропиточно-сушильном отделении обмотанные статоры, роторы и якори возвращают в комплектовочное отделение и далее направляют непосредственно на сборку.

В отделении механического ремонта ремонтируют валы, вентиляторы и кожухи, подшипниковые щиты, крышки и другие детали, восстанавливают резьбовые отверстия в станинах, щитах и шпоночные канавки в валах, протачивают контактные кольца и др. Распространенной операцией является восстановление поврежденных посадочных поверхностей.

В отделении сборки собирают ремонтируемые машины. Для обеспечения высокой производительности труда сборщи-

ков освобождают от всех видов работ по подбору комплекта собираемой машины: весь комплект деталей и сборочных единиц, включая подшипники и крепежные детали (болты, гайки, шайбы), доставляют из комплектовочного отделения.

Испытания отремонтированных машин производят на испытательных станциях, а окраску – в специальном помещении окрасочного отделения. На специализированных ремонтных предприятиях, выпускающих десятки тысяч асинхронных электродвигателей в год, применяют специальные окрасочные линии с подвесным конвейером, на которых окраску производят автоматически в герметически закрытой камере методом распыления без воздушной струи. На малых предприятиях окраску производят пульверизатором в специальной камере с гидрофильтром.

Оборудование современного электроремонтного цеха весьма разнообразно. Оно включает подъемно-транспортные устройства: мостовые краны, кран-балки, электрокары, тележки и т. п. Слесарно-механическое отделение оборудуют различными металлорежущими станками: токарными, сверлильными, строгальными, фрезерными, шлифовальными и др. Для проведения штамповочных и сборочно-разборочных работ в цехе имеется прессовое оборудование.

Намоточно-изоляционное отделение имеет станки для намотки бандажей на лобовые части обмоток и для горячей обкатки деталей со слоистой изоляцией. На сушильно-пропиточном участке располагают сушильные печи и камеры, вакуум-сушильно-пропиточные установки, баки и котлы для пропитки и лакировки обмоток, пульверизаторы и др.

В цехе имеются также установки для промывки частей машины после разборки, вентиляционные камеры для продувки сжатым воздухом, сварочно-паяльное оборудование, ножницы (гильотинные, дисковые и др.), станки для продороживания коллекторов, пресс-формы и др.

§ 20. ПОДГОТОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН К РЕМОНТУ

Объем и характер ремонтных работ определяют в результате внешнего осмотра машины, в процессе предремонтных испытаний и разборки, а также после осмотра и испытаний отдельных частей.

Перед осмотром машину очищают от грязи и пыли, продувают сжатым воздухом ее наружную поверхность, обмотки, контактные кольца, коллектор и другие доступные части. При

осмотре проверяют комплектность (наличие у машины всех основных частей и деталей), корпус, подшипниковые щиты и крышки, колодки зажимов, выводные концы и др.

В ремонт принимают, как правило, комплектные машины, т. е. такие, у которых имеются все сборочные единицы и детали. Не принимают в ремонт электрические машины малой и средней мощности, если у них разбит корпус или подшипниковый щит, отбито более двух лап, машины со значительными повреждениями механических частей, которые невозможно устранить силами ремонтного цеха или предприятия. Восстановление таких машин требует значительных затрат, превышающих стоимость новой машины. Кроме того, после ремонта они не будут обладать достаточно высокой эксплуатационной надежностью.

В тех случаях, когда машина имеет исправную механическую часть и может быть отремонтирована без перемотки, перед разборкой проводят предремонтные испытания на холостом ходу в течение 30 мин. Перед включением электродвигателя в сеть проверяют свободный ход ротора, наличие смазки в подшипниках, измеряют сопротивление и испытывают электрическую прочность изоляции.

Во время предремонтных испытаний на холостом ходу измеряют токи в фазах трехфазных двигателей, вибрации, проверяют состояние механической части машины, нагрев подшипников, работу щеточно-коллекторного аппарата и выполняют ряд других операций. Увеличение тока холостого хода сверх максимально допустимых значений может свидетельствовать о ряде дефектов: увеличении воздушного зазора, осевом смещении ротора относительно статора, слабой прессовке сердечника, уменьшенном числе витков обмотки в результате ошибки при предыдущем ремонте.

В процессе разборки замеряют воздушный зазор, зазоры в подшипниках, износ коллектора, контактных колец, щеткодержателей. Замеренный воздушный зазор сравнивают с каталожными данными. Если такие сведения отсутствуют, о допустимости зазора можно судить по ориентировочным данным (табл. 6, 7).

Таблица 6. **Воздушные зазоры у асинхронных двигателей**

Частота вращения, об/мин	Зазор, мм, при мощности двигателя, кВт							
	до 0,2	0,2–1,0	1,0–2,5	2,5–5,0	5,0–10	10–20	20–50	50–100
500–1500	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,65
3000	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0

Таблица 7. **Воздушные зазоры у машин постоянного тока**

Мощность машины, кВт	Зазор, мм, под полюсом		Мощность машины, кВт	Зазор, мм, под полюсом	
	главным	добавочным		главным	добавочным
0,2 – 1	0,6	1,0	20 – 30	2,0	4,0
1 – 2	0,8	1,0	30 – 50	3,0	5,0
3 – 5	1,0	2,5	50 – 100	4,0	6,0
6 – 8	1,0	3,0	100 – 150	4,5	6,0
9 – 20	1,5	3,0			

Если позволяет конструкция, воздушный зазор замеряют до разборки с каждой стороны машины в трех-четырех точках через отверстия в торцах щитов. Среднее значение зазора вычисляют как среднеарифметическую произведенных замеров. Особое внимание обращают на замеры зазоров у асинхронных машин. Увеличение воздушного зазора приводит к уменьшению коэффициента мощности $\cos\varphi$, кпд и мощности машины.

Асинхронные двигатели с зазором, увеличенным более чем на 25%, в ремонт не принимают. Чтобы поднять мощность, при перемотке двигателей с увеличенным зазором изменяют обмоточные данные.

Если машина не имеет отверстий в щитах, измерение зазоров производят после разборки. Ротор укладывают на внутреннюю поверхность статора и замеряют зазор δ_1 в верхней точке. Затем ротор поворачивают на 90° и вновь замеряют зазор δ_2 в верхней точке. Средняя величина рассчитывается по формуле

$$\delta_{ср} = 0{,}25\,(\delta_1 + \delta_2).$$

Радиальные зазоры в подшипниках качения измеряют щупом, вводя его между телом качения и беговой дорожкой наружного кольца в верхней его точке при горизонтальном положении оси машины. Допустимые зазоры приведены в табл. 8.

Таблица 8. **Допустимые зазоры в подшипниках качения**

Внутренний диаметр подшипника, мм	Зазор в шариковых подшипниках, мм		Зазор в роликовых подшипниках, мм	
	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный
20 – 30	0,005	0,100	0,010	0,100
35 – 50	0,010	0,150	0,020	0,150
55 – 80	0,015	0,200	0,030	0,200
85 – 120	0,020	0,300	0,040	0,300
125 – 180	0,025	0,350	0,045	0,350

В подшипниках скольжения с неразъемными вкладышами верхний зазор (табл. 9) между шейкой вала и вкладышем изме-

Таблица 9. **Допустимые зазоры в разъемных и неразъемных подшипниках скольжения**

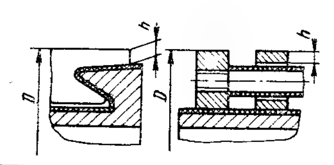
Диаметр шейки вала, мм	Верхний зазор, мм, при частоте вращения, об/мин		
	от 750 до 1000	выше 1000 до 1500	выше 1500 до 3000
31–50	0,050–0,112	0,075–0,160	0,17–0,34
51–80	0,065–0,135	0,095–0,195	0,20–0,40
81–120	0,080–0,160	0,120–0,235	0,23–0,46
121–180	0,100–0,195	0,150–0,285	0,26–0,52
181–260	0,120–0,225	0,180–0,300	0,30–0,60
261–360	0,140–0,250	0,210–0,380	0,34–0,68

ряют щупом, который по возможности вводят на всю длину вкладыша. Замеряют также и боковые зазоры, которые не должны превышать половины зазора в верхней части.

После разборки части машины, подлежащие ремонту, промывают, проверяют и испытывают, определяют объем и содержание ремонтных работ для каждой из них и оформляют дефектационную карту. На ее основе составляют маршрутную технологическую карту ремонта. Работы по выявлению неисправностей и повреждений перед ремонтом называют *дефектацией*.

Коллекторы и контактные кольца подлежат замене, если их износ превышает предельно допустимую величину (табл. 10).

Таблица 10. **Допустимый износ коллектора и контактных колец**



Наружный диаметр коллектора или контактных колец D, мм	Минимальный размер h, мм		Наружный диаметр коллектора или контактных колец D, мм	Минимальный размер h, мм	
	для коллектора	для контактных колец		для коллектора	для контактных колец
До 100	2,5	3	Выше 250 до 300	4,0	6
Выше 100 до 150	3,0	4	» 300 » 350	4,5	–
» 150 » 200	3,5	4	» 350 » 400	5,0	–
» 200 » 250	4,0	5	» 400 » 500	5,0	–

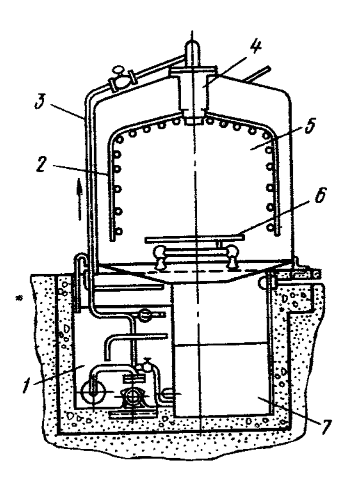


Рис. 38. Моечная машина с вращающимся разбрызгивателем

В ремонтном цехе могут отсутствовать необходимые для ремонта данные машин старых конструкций. При подготовке к ремонту таких машин снимают необходимые эскизы и схемы, в дефектационную карту записывают все сведения, без которых не могут быть восстановлены обмотки и другие части машины: число и размеры проводов в пазу, тип и шаг обмотки, число пазов, вылеты лобовых частей и др.

Для облегчения выема обмотки из пазов статоров, подлежащих перемотке, производят выжиг изоляции. Статор помещают в герметически закрытую электропечь, в которой автоматически поддерживается 350–400 °С, и выдерживают в ней 4–6 ч. Если размеры статора не позволяют разместить его в печи, изоляцию выжигают, нагревая обмотку током от понижающего трансформатора. В этом случае необходим тщательный контроль температуры сердечника, которая не должна превышать 400 °С.

Статоры и роторы крупных машин после удаления обмотки очищают от грязи и масла специальными негорючими жидкостями МЖ-70, дизельным топливом с фреоном и др. Пожарная инспекция запрещает очистку бензином.

Части машин меньших размеров укладывают в контейнеры, используя проходные моечные машины и моечные средства МЛ. Раствор подогревают до 85–90 °С.

В установке с вращающимся разбрызгивателем моечная жидкость из бака *1* (рис. 38) центробежным насосом под давлением подается по трубе *3* в распределитель *4*, откуда поступает в разбрызгиватель *2*. Части машины крепят к стойкам, устанавливаемым на тележку *6*, которая закатывается в моечную камеру *5*. Благодаря вращению разбрызгивателя они омываются со всех сторон. Раствор из камеры стекает через люк-сетку в бак *7*. Процесс мойки длится 7–10 мин. Затем включают вентилятор и после 3–5 мин его работы тележку выкатывают из камеры. Моечные растворы оказывают агрессивное действие на алюминий и его сплавы, поэтому нельзя промывать ими детали, выполненные из этих материалов.

§ 21. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Ремонт электрических машин почти всегда связан с их полной или частичной разборкой. На операции разборки, сборки и регулировки сборочных единиц и испытание отремонтированной машины при капитальном ремонте затрачивается до 30% времени. Для уменьшения времени простоя машин в ремонте и повышения производительности труда необходима четкая организация и максимальная механизация сборочно-разборочных работ.

Для завинчивания и отвинчивания болтов, гаек и винтов применяют электрогайковерты и электрошуруповерты. Электрогайковерт снабжен муфтой кулачкового типа, которая расцепляет шпиндель *5* (рис. 39, *а*) и держатель *3* ключа *1* в момент окончания затяжки или при тугом вращении сопрягаемых деталей резьбового соединения. Кулачки муфты *15* и *4* благодаря пружине *14* инструмента находятся в расцепленном состоянии. При нажатии на рукоятку *9* пружина сжимается, держатель *3* сближается со шпинделем *5* и кулачки муфты входят в зацепление. Вращение от вала *12* ротора *10* электродвигателя передается через шестерни *6*, *7* и *13* редуктора шпинделю и держателю. На конце держателя закрепляется сменная головка

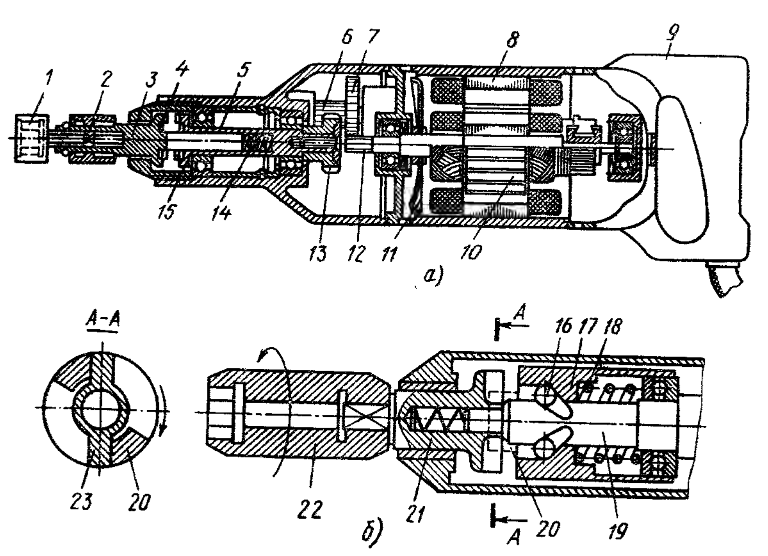


Рис. 39. Электрогайковерт статического (*а*) и ударно-вращательного (*б*) действия

ключа. По окончании затяжки головка останавливается и кулачки муфты начинают проскальзывать относительно друг друга. Головка на своем хвостовике имеет кольцевую проточку, куда западает шарик *2*, удерживающий головку в держателе.

Привод гайковерта осуществляется электродвигателем *8*, который охлаждается вентилятором *11*.

Электрогайковерты с муфтой кулачкового типа по принципу действия относятся к безударному (статического действия) резьбозавертывающему ручному инструменту. Существенным недостатком таких гайковертов является передача реактивного момента на руки рабочего, что ограничивает их применение до резьб диаметром 12 мм.

В гайковертах ударно-вращательного действия энергия при затяжке резьбового соединения и в начале его отвертываиия, когда требуется максимальный момент, передается головке ключа *22* (рис. 39,*б*) вращательными ударами (импульсами); здесь реактивный момент не передается на руки рабочего. Кроме того, они имеют значительно меньшую массу по сравнению со статическими. Основным их элементом является ударно-импульсный механизм, преобразующий непрерывное вращение привода в серию периодически повторяющихся ударов. Импульсное приложение энергии к резьбовому соединению значительно повышает выходную мощность, что позволяет затягивать резьбовые соединения диаметром до 80 мм ручными гайковертами со сравнительно небольшой массой.

Ударно-вращательный механизм состоит из вала *19*, ударника *17*, шпинделя *21* с наковальней, пружины *18* и шариков *16*. Вал механизма имеет V-образные винтовые канавки, в которых размещены шарики. Он зафиксирован от перемещения в продольиом направлении.

Цилиндрический ударник имеет два кулачка *20* на переднем торце. На внутренней поверхности ударника находятся два углубления, выполненные по винтовой линии. Ударник охватывает вал механизма и опирается на него через шарики, благодаря которым может совершать винтовое движение. Ударник поджат пружиной, удерживающей его в переднем положении. Вращение от двигателя на вал механизма передается через редуктор.

Вал через шарики вращает ударник, но его кулачки не сцеплены со шпинделем *21*, поэтому последний неподвижен. Когда оператор прилагает к гайковерту осевое усилие, кулачки ударника входят в зацепление с кулачками *23* шпинделя, который начинает вращаться вместе с головкой ключа. Пока сопроти-

вление вращению невелико, частота вращения шпинделя равна частоте вращения вала механизма. Когда торец гайки (болта) соприкоснется с поверхностью детали, момент сопротивления возрастает, вращение шпинделя замедляется. Кулачки ударника выходят из зацепления с кулачками шпинделя, ударник перемещается назад, преодолевая усилие пружины. Затем под действием сжатой пружины он перемещается вперед, его кулачки наносят удар по кулачкам шпинделя, передавая момент на головку ключа.

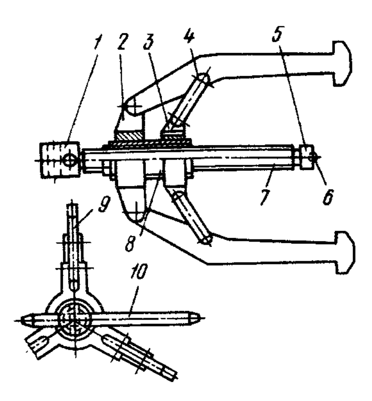
Шуруповерты имеют устройство (ловитель) для удержания шурупов и винтов в положении, перпендикулярном поверхности, в которую они ввертываются.

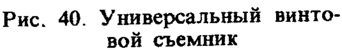
Электрифицированный инструмент (электрические сверлильные машины, электрогайковерты, электрошуруповерты и др.) выпускают на напряжения переменного тока 220 и 36 В с частотой 50 и 200 Гц соответственно. При работе с электроинструментом на напряжение 220 В следует принимать особые меры предосторожности. Разрешается работать только в диэлектрических перчатках и при обязательном заземлении корпуса электроинструмента. Более безопасен электроинструмент на напряжение 36 В.

При работе с электросверлильной машиной ее следует сначала установить в рабочее положение с упором сверла в намеченный центр сверления и лишь после этого включить электродвигатель. Смену сверл и насадок разрешается производить только после отключения машины от питающей сети.

Для снятия деталей, соединенных с большим натягом, требуются значительные усилия. Шкивы, полумуфты, втулки, подшипники спрессовывают с вала винтовыми съемниками. Универсальный съемник имеет три тяги *9* (рис. 40), шарнирно соединенные планками *4* с гайкой *3*. Гайка *8* имеет наружную и внутреннюю резьбы и грани под ключ со стороны головки *1* винта *7* съемника. При вращении гайки *8* расстояние между гайкой *3* и траверсой *2* изменяется, благодаря чему лапы съемника раздвигаются или сближаются. Таким образом, происходит настройка съемника под размер демонтируемой детали. Выступами лап захватывают деталь, винт упирают в торец вала. Съем происходит при вращении винта рычагом *10*. Чтобы уменьшить силу трения между валом и винтом, упор осуществляется через шарик *6*, закрепленный в колпачке *5*.

Ручной съемник требует затраты значительных усилий. Съем крупных деталей облегчается и ускоряется при применении гидравлического съемника, представляющего собой установленную на колесах площадку *1* (рис. 41) с двумя стойками *2*,




Рис. 40. Универсальный винтовой съемник

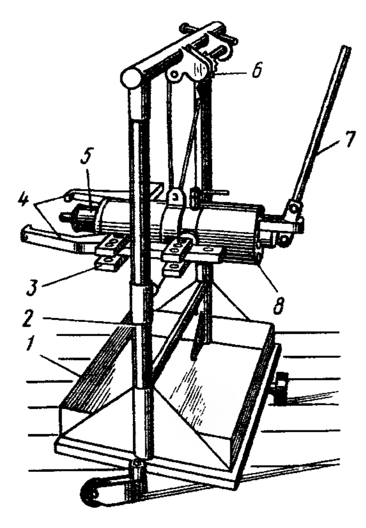


Рис. 41. Гидравлический передвижной съемник

на которых может вертикально перемещаться плунжерный насос *8*. На корпусе насоса установлены траверсы *3* с отверстиями, которые позволяют закрепить болтами захваты *4* в нужном положении в зависимости от диаметра стягиваемой детали. Деталь закрепляют стропом на крюке подъемного приспособления, чтобы она не упала после съема. Лебедкой *6* насос устанавливают на такой высоте, чтобы центр упора *5* совпал с осью вала машины. Захваты должны надежно закрепить деталь в горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала. Качанием рукоятки *7* создают необходимое давление масла, главный и боковые плунжеры приходят в движение. Боковые плунжеры захватывают деталь, главный, перемещаясь вдоль оси насоса, стягивает ее с вала.

Для облегчения съема деталей в их конструкции предусматривают специальные элементы. Так, например, на наружной поверхности втулок протачивают кольцевые канавки под лапы съемника. Во втулках вентиляторов выполняют резьбовые отверстия для ввинчивания шпилек. Во фланцевой части подшипниковых щитов в месте соприкосновения с корпусом выполняют резьбовые отверстия, в которые при разборке ввинчивают болты. Поочередно вращая их в диаметрально противоположных точках, щит отжимают от корпуса.

Разборку следует производить без ударов и перекосов, соблюдая определенную последовательность. Для этого необходимо составить план разборки на основе изучения сборочного чертежа машины.

В процессе разборки надо предохранять от повреждения шейки валов под подшипники, коллекторы, щетки, вентиляторы, обмотки. Чтобы избежать поломки, нельзя захватывать вентилятор съемником за тонкий диск. Для этой цели надо использовать кольцевые проточки и резьбовые отверстия в торце втулки. Изменение углового положения вентилятора может нарушить балансировку ротора. Поэтому, если он посажен на вал без шпонки, перед разборкой надо отметить его угловое положение с помощью рисок или кернения на валу и ступице.

Разборка электрических машин, подшипниковые опоры которых не имеют крышек, несложна. Так, например, разборка асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (см. рис. 4) производится в такой последовательности. Сначала снимают кожух *14*, отвинтив винты *13*, крепящие его к щиту *15*. Затем снимают вентилятор *16*, вывинтив болт *18* на один-два оборота.

Щиты *15* снимают после вывинчивания болтов из крепления. В последнюю очередь выводят ротор из статора и спрессовывают подшипники. На этом разборка заканчивается.

У асинхронных двигателей с капсюлями (см. рис. 5) или внутренними подшипниковыми крышками перед съемом щитов отвинчивают винты или гайки крепления капсюлей (или крышек).

У асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт с внутренними подшипниковыми крышками ротор выводят из статора обычно вместе со щитом. Для этого отвинчивают болты или гайки крепления крышки подшипника только со стороны привода. Затем снимают щит (передний) со стороны привода и выводят ротор, перемещая его легкими толчками в сторону второго (заднего) щита. Ротор вместе с задним щитом кладут сердечником на подставку, затем снимают задний щит, предварительно отвинтив болты или гайки, крепящие подшипниковые крышки. У фазных электродвигателей АК2 при снятии заднего щита сначала снимают кожух контактных колец, вынимают щетки и снимают корпус контактных колец, отвинтив крепящие его болты. При разборке двигателей АОК2 приходится также снимать с вала контактные кольца. Для этого отпаивают соединительные хомутики от выводных концов, вынимают из канавки вала стопорное кольцо. Контактные кольца стягивают с вала съемником.

Подшипниковые щиты выпрессовывают из корпуса, избегая перекосов, чтобы не повредить подшипники. Для этого усилие прикладывают попеременно в диаметрально противоположных точках, постепенно перемещая щит в осевом направлении.

Для сохранения токосъемного устройства машины со щетками разбирают, принимая меры предосторожности. Щетки перед разборкой вынимают из обойм щеткодержателей. В некоторых конструкциях предусматривается съем щеткодержателей перед разборкой.

У машин постоянного тока перед съемом щитов отсоединяют провода, соединяющие щеткодержатели с обмотками добавочных полюсов, щеткодержатели с колодкой зажимов, если она расположена на корпусе машины, и другие провода, препятствующие съему щита с корпуса. Щетки вынимают из гнезд щеткодержателей, а коллектор обертывают картоном, который закрепляют лентой. Для доступа к щеткам и коллектору снимают крышки *2* (см. рис. 8) с люков. После съема щитов якорь из машины выдвигают в сторону вентилятора.

Дальнейшая разборка машины зависит от того, какие части подлежат ремонту или замене. Для ремонта обмотки якоря снимают подшипник и вентилятор *16*. Для ремонта токосъемного устройства отвинчивают болты, крепящие траверсу к подшипниковому щиту, отметив ее угловое положение рисками. Затем освобождают крепление щеточных пальцев к траверсе и при необходимости снимают щеткодержатели с щеточных пальцев. Для ремонта полюсных катушек отвинчивают болты крепления полюсов к корпусу, снимают полюса с катушками и в последнюю очередь катушки с полюсов.

Разборку синхронной машины (см. рис. 12) производят в такой последовательности:

отвинчивают и снимают защитный кожух клиноременной передачи, ослабляют натяжение ремней передачи *11* и снимают их со шкивов;

отвинчивают шпильки, крепящие возбудитель *10*, и снимают его со станины *1* машины;

снимают колпак *15* и поднимают щетки из гнезд щеткодержателей;

отвинчивают и снимают пальцы вместе со щеткодержателями;

отсоединяют контактные кольца *14* от выводов обмотки ротора и снимают их с вала;

снимают шкив клиноременной передачи с вала машины;

отвинчивают болты, крепящие подшипниковые щиты *8* к станине, отделяют от нее щиты и снимают их с подшипников;

выводят ротор из расточки статора в сторону привода.

Дальнейшую разборку статора и ротора производят при необходимости ремонта магнитных сердечников или обмоток.

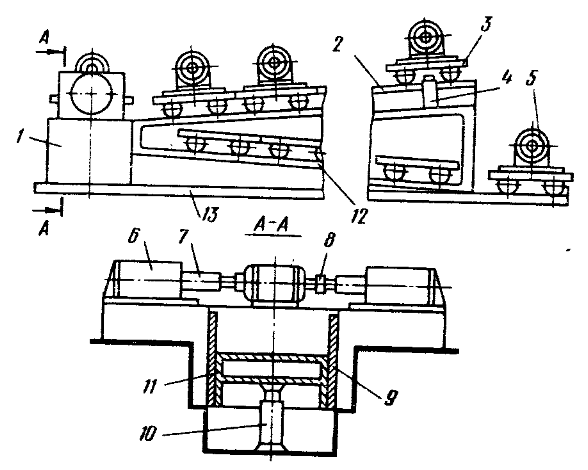


Рис. 42. Тележечный конвейер для разборки двигателей

На специализированных предприятиях, выпускающих из ремонта десятки тысяч асинхронных двигателей в год, для разборки применяют тележечный конвейер. На раме *13* (рис. 42) конвейера установлены рельсовые пути – верхний подающий *2* и нижний обратный *12*. Верхний путь имеет уклон в сторону конца *1* рамы, где расположен вертикальный гидроподъемник, в котором под действием гидроцилиндра *10* вверх и вниз перемещается стол *11* в вертикальных направляющих *9*. В стол встроены тиски с электромеханическим приводом таким образом, что на горизонтальной поверхности стола остаются только их губки. Тележки *3* имеют поворотные устройства, позволяющие производить различные технологические операции, связанные с разборкой, без перехода на другую сторону конвейера.

Работа на конвейере осуществляется следующим образом. Тележки по обратному рельсовому пути толкателями подаются к началу конвейера на загрузку. Двигатель *5* устанавливают на тележку и подъемником поднимают на верхний подающий путь, тележка по уклону движется в сторону конца *1* рамы и попадает на стол, который находится в верхнем положении. На конце рамы установлены гидроцилиндры *6* со штоками *7* и центрирующими грибками *8*. При перемещении штоков навстречу друг другу электродвигатель устанавливается по их оси и фиксируется после опускания стола в подвешенном состоянии. Тележка передается на обратный рельсовый путь, а стол

возвращается в верхнее положение. Затем электродвигатель закрепляется на поверхности стола тисками, штоки отводятся в исходное положение. В отверстия центрирующих грибков вставляются оправки, с помощью которых, перемещая штоки, снимают подшипники и подшипниковые щиты.

Останов тележек на определенных участках подающего пути осуществляют подпружиненными фиксаторами *4*, с помощью которых придается также тележке начальное ускорение при передаче ее на следующую фиксируемую позицию.

При разборке электрических соединений на разъединенные концы навешивают при необходимости бирки с маркировками, которые помогают впоследствии правильно собрать схему.

В процессе разборки электрических машин во многих случаях приходится использовать грузоподъемные механизмы для установки машин на стол (верстак), выемки тяжелых роторов и съема щитов.

Такелажные работы следует проводить только с проверенными и исправными подъемными и транспортными приспособлениями. Нельзя пользоваться подъемниками и транспортными механизмами грузоподъемностью меньшей, чем масса поднимаемого груза. К выполнению такелажных работ допускается только обученный и квалифицированный персонал.

Канаты, стропы, скобы, кольца должны проходить проверку 1 раз в полгода, лебедки, тали, блоки, домкраты – не реже 1 раза в год. Стропы на грузе должны быть надежно закреплены. Особенно важно на это обращать внимание при выемке тяжелых роторов, падение которых может привести к тяжелым травмам.

При работе с подъемно-транспортными механизмами (кранами, кран-балками, электроталями) необходимо следить, чтобы груз не переносили над людьми, оповещать сигналом о движении груза, не оставлять груз висящим на крюке дольше, чем это необходимо для выполнения операции.

Рым-болты в случае их использования для подъема машины следует проверить и довернуть до отказа. Если болт очень туго идет в гнезде, его следует вывернуть, очистить гнездо от грязи и в случае необходимости исправить резьбу в гнезде и на болте. Не следует устанавливать машину на край стола. При отвинчивании винтов и гаек следует пользоваться торцевыми ключами, которые ускоряют процесс разборки и более безопасны, чем ключи с открытым зевом.

§ 22. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Время пребывания машины в ремонте, стоимость ремонта и его качество во многом зависят от точности определения характера неисправности. Предварительно причину отказа устанавливают перед отправкой машины в ремонт, окончательно – во время предремонтных испытаний, разборки, а также при осмотре и испытании отдельных частей и деталей.

Ненормальная работа машины и выход ее из строя могут быть вызваны внешними причинами. К ним относятся: обрыв одного или нескольких проводов питающей сети, перегорание плавких вставок предохранителей, неисправность пусковой аппаратуры, повышенное или пониженное напряжение питающей сети, перегрузка машины, высокая температура окружающей среды. Прежде чем снимать машину для ремонта с места ее установки, определяют, не вызвана ли ее ненормальная работа внешней причиной. Обычно такую неисправность устраняют на месте. Однако бывают случаи, когда исправная машина поступает в ремонтный цех.

Высокая температура окружающей среды приводит к перегреву изоляции и ее ускоренному старению. Такие машины обычно требуют замены обмоток.

В самой машине различают неисправности обмоток и механической части. В обмотках встречаются следующие неисправности: пробой изоляции на корпус, витковые замыкания, обрыв проводов и мест паек, распайка соединений, неправильные соединения катушек. К механическим неисправностям относятся: износ и разрушение подшипников, износ посадочных поверхностей на валу, в щите и корпусе, ослабление крепления полюсов, разрушение бандажей на обмотках роторов, появление трещин в щитах, изгиб и поломка валов.

Наиболее часто поступают в ремонт трехфазовые асинхронные двигатели. Перед разборкой их испытывают на холостом ходу и под нагрузкой. При испытаниях можно выявить некоторые характерные неисправности обмоток.

Двигатель не запускается и издает ненормальный гул чаще всего при обрыве фазы сети или одной-двух (при соединении треугольником) фаз статорной обмотки, а также при обрывах в двух или трех фазах фазового ротора. Обрыв обнаруживают мегаомметром. Двигатель отсоединяют от сети (рис. 43, *а*) и измеряют поочередно сопротивления между зажимами *1* и *2*, *1* и *3*, *2* и *3* выключателя. В случае обрыва цепи прибор при одном из измерений покажет бесконечность. Для нахождения места обрыва отсоединяют провода от зажимов колодки дви-

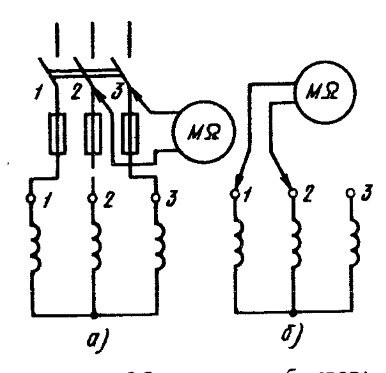


Рис. 43. Обнаружение обрывов:
а – в сетевом проводе, *б* – в обмотке статора

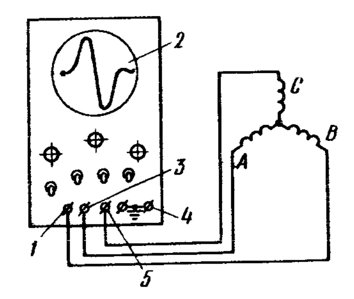


Рис. 44. Маркировка выводов на аппаратах **СМ** и **ЕЛ**

гателя (рис. 43, *б*) и измеряют сопротивление между зажимами *1* и *2*, *1* и *3*, *2* и *3* колодки. Если при всех трех измерениях прибор покажет, что цепь замкнута, обрыв следует искать в участке сети, расположенном между выключателем и машиной. При обрыве в фазе обмотки мегаомметр покажет бесконечность на зажимах колодки машины.

Обрыв в проводах сети (отсутствие напряжения между проводами) можно обнаружить также с помощью вольтметра, измеряя напряжение на зажимах колодки машины и выключателя. Если вольтметр при соединении с любой парой проводов показывает напряжение сети, обрыв надо искать в обмотке машины. Эти измерения надо проводить, соблюдая правила безопасности, чтобы не попасть под напряжение сети. Вольтметр должен иметь контакты с изоляционными рукоятками. Если такого прибора нет, присоединение его к зажимам следует производить при отключенном выключателе.

Бывают случаи, когда двигатель плохо разворачивается и издает сильный гул, токи во всех трех фазах различны и превышают номинальное значение даже при холостом ходе, предохранители перегорают. Эта неисправность является следствием неправильного соединения фаз обмотки статора, когда одна из фаз обмотки «перевернута», т. е. конец и начало фазы поменялись местами. Обычно это бывает у двигателей с шестью выводами обмотки статора при утере части бирок, обозначающих начала и концы фаз, или неправильной маркировке фаз.

Проверить маркировку фаз трехфазной обмотки можно на переносных аппаратах СМ и ЕЛ. Фазы соединяются звездой.

Два вывода обмотки *А* и *В* (рис. 44) присоединяют к зажимам аппарата *1* и *3* «Вых. имп.», третий – к зажиму *5* «Сигн. явл.». Импульсный генератор аппарата с зажимов *1* и *3* посылает поочередно через синхронный переключатель на фазы *А* и *В* волну импульсного напряжения. На экране *2* прибора наблюдаются кривые напряжения на фазах. Форма кривых зависит от сопротивлений обмотки и соединения фаз.

Если две фазы *А* и *В* соединены концами или началами, две кривые накладываются друг на друга и на экране мы видим одну кривую.

В случае соединения в общую точку начала одной фазы и конца второй фазы на экране наблюдаются две кривые, резко отличающиеся друг от друга. Подсоединение третьей фазы с началом или концом к общей точке звезды не влияет на кривые экрана, так как по ней проходят оба импульса.

Одновременное изображение двух кривых объясняется свойством послесвечения экрана. Луч записывает сначала кривую напряжения на одной фазе. Не успевает она исчезнуть, как на экране появляется кривая напряжения на другой фазе. Подсоединяя поочередно к зажимам аппарата *1* и *3* пары фаз *А* и *В*, *А* и *С*, *В* и *С* и меняя выводы «вывернутой» фазы местами, добиваются такого положения, когда все пары фаз дают на экране одну кривую. В этом случае в общую точку звезды будут соединены все начала или все концы фаз.

Аппарат до подсоединения к источнику питания должен быть надежно заземлен. Для этой цели служит правый зажим *4* «Земля». Напряжение на зажимах аппаратов может подниматься до 600 В, поэтому нельзя их вскрывать, не отключая от сети, и браться за оголенные концы проводов, когда они находятся под напряжением.

Маркировку выводов трехфазных обмоток (рис. 45) можно проверить и без специального прибора индуктивным методом с помощью аккумулятора или сухого элемента напряжением около 2 В и вольтметра постоянного тока. Сначала определяют свои выводы фаз контрольной лампой или мегаомметром и произвольно их маркируют, одну из фаз принимая за первую (I). На нее навешивают временные бирки *1*, *4*; на второй (II) фазе – *2*, *5*; на третьей (III) – *3*, *6*. Источник постоянного тока подключают к выводам первой фазы (рис. 45, *а*): плюс к началу фазы, минус к концу. К выводам других фаз поочередно присоединяют вольтметр постоянного тока. Если при замыкании ключа стрелка вольтметра отклоняется вправо, начало фазы будет присоединено к его минусу. При другом способе после определения своих выводов две произвольные фазы со-

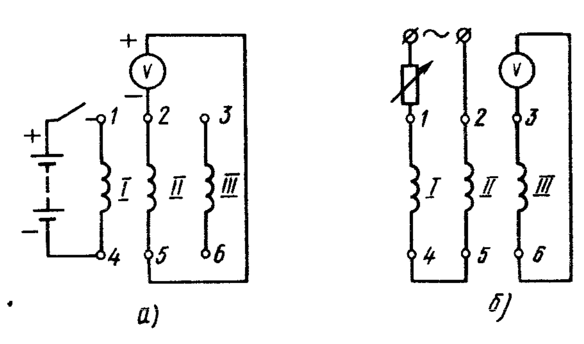


Рис. 45. Маркировка выводов трехфазных обмоток:

а — с помощью источника постоянного тока, *б* — подключением к сети переменного тока

единяют последовательно и подключают к сети переменного тока на пониженное напряжение (рис. 45, *б*). В случае отсутствия источника пониженного напряжения последовательно с фазами включают реостат или лампу. К третьей фазе подключается прибор (вольтметр переменного тока или лампа), фиксирующий наличие в ней напряжения. Переключением выводов второй фазы к концу первой подбирают такое соединение, при котором прибор показывает отсутствие напряжения в третьей фазе. Это свидетельствует о том, что соединены концы фаз. При соединении двух фаз разноименными выводами (конца с началом) прибор показывает наличие напряжения в третьей фазе. Присоединяя к первой фазе третью, а прибор ко второй, аналогичным образом маркируют третью фазу.

Двигатель может также не запускаться без нагрузки вследствие задевания ротора за статор, заклинивания подшипников, перекоса подшипниковых щитов. Заторможенный двигатель немедленно отключают от сети, так как проходящий в этом режиме по обмоткам пусковой ток в 4—7 раз превышает номинальный.

Двигатель с фазным ротором может устойчиво работать при частоте вращения в несколько раз меньшей номинальной. Это происходит при обрыве в одной из фаз ротора.

Обрывы в цепи фазного ротора определяют вольтметром при включенной в сеть обмотке статора. Если вольтметр показывает одинаковое напряжение между зажимами всех трех фаз обмотки ротора, обрыв находится во внешней цепи ротора. В этом случае проверяют провода, соединяющие обмотку ротора с реостатом, и качество контактов между кнопками и ползунками реостата. Если напряжение на зажимах ротора равно

нулю, имеется обрыв в обмотке ротора. В этом случае прежде всего проверяют качество скользящего контакта между щетками и контактными кольцами и соединения выводов роторной обмотки с контактными кольцами.

Пониженная частота вращения двигателя под нагрузкой может быть вызвана перегрузкой двигателя, пониженным напряжением сети, ошибочным соединением фаз обмотки статора звездой вместо треугольника, обрывом в одной из фаз обмотки статора при соединении фаз треугольником, обрывом нескольких стержней в обмотке короткозамкнутого ротора или увеличением сопротивления в цепи фазного ротора.

Двигатель перегревается под нагрузкой при повышенном или пониженном напряжении сети, перегрузке, нарушении вентиляции, соединении фаз обмотки треугольником вместо звезды, замыкании обмотки статора на корпус или между фазами.

Короткозамкнутый ротор перегревается при обрывах стержней в «беличьей» клетке. Двигатель в этом случае издает гул, вибрирует, плохо запускается и не развивает нормальной частоты вращения.

Перегрев фазного ротора происходит из-за обрыва или плохого контакта в цепи обмотки и местного замыкания листов сердечника.

Вибрации двигателя под нагрузкой вызываются следующими причинами: несоосностью валов двигателя и механизма, неуравновешенностью ротора, обрывом стержней или короткозамыкающихся колец, коротким замыканием в обмотках ротора или статора, износом подшипников, недостаточной жесткостью фундамента.

Исправный электродвигатель при работе издает шум, который возникает вследствие вибрации его частей. Различают следующие виды шумов: магнитный, механический, вентиляционный. Магнитный шум низкого тона, характерный для всех магнитных систем переменного тока, вызывается периодическим притяжением друг к другу листов сердечника. Механический шум обычно связан с работой подшипников. Интенсивный электромагнитный шум электродвигатель издает при обрывах и неправильном соединении фаз обмотки статора. Вентиляционный шум связан с колебаниями воздушных струй и в большой степени зависит от частоты вращения машины.

Магнитный шум сразу пропадает после отключения двигателя от сети, вентиляционный затихает постепенно по мере останова двигателя. По этим признакам можно определить вид шума.

Поврежденный подшипник качения является источником шума повышенной интенсивности. Свистящий звук указывает на отсутствие смазки. Скрежет служит признаком наличия твердых частиц в смазке (смазка загрязнена), поломки сепаратора или задевания вала за крышки подшипника. Стук в подшипнике возникает при большом износе подшипника скольжения и разрушении шариков или роликов, или поверхности беговых дорожек в кольцах подшипника качения.

Характерные неисправности машин постоянного тока обычно связаны с состоянием поверхности коллектора и токосъемного устройства. Наиболее часто встречающийся дефект — искрение всех или части щеток, иногда сопровождающееся сильным нагревом коллектора и щеток. Причинами этого явления могут быть:

неправильная установка щеток (траверса повернута относительно заводских меток);

плохое состояние щеток (обгары, облом краев щеток, плохое прилегание их к поверхности коллектора);

износ боковых граней или заедание щетки в обойме щеткодержателя;

слабое закрепление и вибрация щеточного бракета;

слабое или слишком сильное, или неодинаковое прижатие щеток к коллектору;

биение коллектора или выступание над его поверхностью изоляции или отдельных коллекторных пластин.

Замыкание между пластинами коллектора может произойти в результате наличия щеточной пыли между пластинами и заусенцев на них.

Контрольные вопросы

1. Какие основные задачи решает система ППР? Перечислите основные виды работ, выполняемые при различных видах ремонта.
2. Расскажите о цехах и заводах по ремонту электрооборудования. Какие функции выполняет комплектовочный участок в электроремонтном цехе?
3. Как проводят подготовку электрических машин к ремонту?
4. С помощью каких приспособлений и в какой последовательности производят разборку электрических машин различных типов?
5. Расскажите об основных неисправностях асинхронных двигателей и машин постоянного тока.

Глава III

РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ, КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ, ТОКОСЪЕМНОГО И ВЫВОДНОГО УСТРОЙСТВ

§ 23. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕКТОРА И СКОЛЬЗЯЩЕГО КОНТАКТА

Состояние поверхности коллектора влияет на работу машины. поэтому при ремонте ее тщательно осматривают. На рабочей поверхности исправного коллектра не должно быть выбоин, пятен лака, глубоких рисок, а также нагара в результате искрения под щетками. Промежутки между пластинами должны быть совершенно чистыми (без металлической стружки или опилок, пыли, кусочков графита от щеток, масла, лака, канифоли и т. д.). Изоляция между пластинами не должна выступать над рабочей поверхностью коллектора – должна быть продорожена (рис. 46, *а*).

Непродороженная изоляция (рис. 46, *б*) нарушает контакт щетки с коллектором, так как медные пластины изнашиваются быстрее миканитовых прокладок.

Установлено, что нормальная работа скользящего контакта возможна лишь при наличии на поверхности коллектора гладкой блестящей пленки, состоящей из закиси меди с примесью частиц щеточного материала. Этот поверхностный слой называется политурой и образуется после некоторого времени работы машины.

Состояние коллектора считается удовлетворительным, если все пластины имеют одинаковый цвет от светло-коричневого до блестяще-черного с различными оттенками. Окраска политуры зависит от марки меди и щеток, плотности тока, частоты вращения, температуры коллектора, относительной влажности окружающего воздуха и наличия в нем агрессивных газов. В зависимости от марки щеток и шероховатости поверхности коллектора политура нарабатывается в течение нескольких часов или суток. Щетки при наличии политуры работают со сравнительно малым износом благодаря смазывающему свойству этой пленки.

Интенсивность окраски политуры не имеет существенного значения, если работа скользящего контакта остается удовлетворительной и поверхность коллектора сохраняется неповрежденной. По состоянию политуры можно установить некоторые неисправности коллектора и других элементов электри-

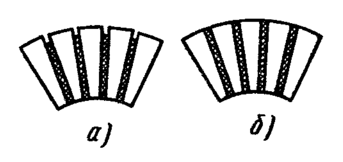


Рис. 46. Продороженная (*а*) и непродороженная (*б*) изоляция коллекторных пластин

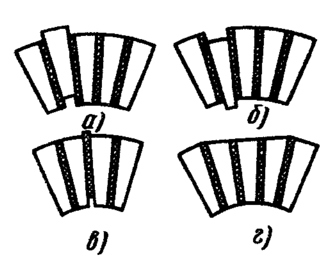


Рис. 47. Местные нарушения цилиндричности поверхности коллектора:

а – выступание пластины, *б* – западание пластины, *в* – выступание изоляции, *г* – местное уплощение

ческой машины. Хаотично расположенные по длине коллектора и его окружности отпечатки щеток с более темной окраской по сравнению с остальной рабочей поверхностью коллектора образуются обычно после длительного останова машины. Этот дефект устраняют шлифовкой.

Местные подгары в виде продольных полос по краю коллекторных пластин на одной, двух или группе пластин бывают у коллекторов с выступающими (рис. 47,*а*), западающими (рис. 47,*б*,*г*) пластинами или выступающей изоляцией (рис. 47,*в*). По цвету эти полосы темнее остальной поверхности коллектора и слегка шероховаты наощупь. Такой дефект требует проточки коллектора.

В результате вибрации машины на поверхности коллектора могут появиться отдельные участки более темного цвета без четких контуров. В этом случае следует определить и устранить механическую неисправность, которая вызвала ненормальную работу скользящего контакта, а коллектор прошлифовать.

На поверхности коллектора могут появиться более темные участки с вытянутыми по направлению вращения краями. Такой дефект политуры может образоваться в результате попадания масла на коллектор при слабом давлении пружин на щетки. В этом случае необходимо отрегулировать нажатие пружин на щетки и устранить причину попадания масла; коллектор продуть и протереть.

Искрение щеток зависит от состояния коллектора и токосъемного устройства. Однако следует иметь в виду, что искрение не всегда определяет пригодность или непригодность машины для эксплуатации. Нередко встречаются машины, ра-

ботающие вполне исправно длительное время без заметного ухудшения контактных поверхностей, несмотря на наличие более или менее заметного искрения. И, напротив, едва видимое искрение может вызвать такое изменение поверхности, которое в дальнейшем приведет к значительному усилению искрения и доведет машину до неработоспособного состояния.

По этой причине стандарт на электрические машины (ГОСТ 183–74) устанавливает оценку степени искрения не только по видимому искрению, но и по производимому им действию (результату) на коллектор и щетки (табл. 11).

Таблица 11. **Шкала оценки степени искрения на коллекторе**

Степень	Характеристика	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения	Отсутствие почериения на коллекторе и следов нагара на щетках
$1^1/_4$	Слабое искрение под небольшой частью края щетки	
$1^1/_2$	Слабое искрение под большей частью края щетки	Появление следов почернения на коллекторе, легко устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином, а также следов нагара на щетках
2	Искрение под всем краем щетки. Допускается только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузки	Появление следов почернения на коллекторе, не устраняемых протиркой поверхности коллектора бензином, а также следов нагара на щетках
3	Значительное искрение под всем краем щетки с появлением крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы	Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протиркой поверхности коллектора бензином, а также подгар и частичное разрушение щеток

Степень искрения оценивается по искрению под сбегающим краем щетки и указывается в ТУ на конкретные виды машин. Если степень искрения не оговорена, она при номинальном режиме работы должна быть не выше $1^1/_2$. Допускается обычно искрение только под частью края щетки. Искрение под всем

краем щетки (степень 2) приводит к появлению следов почернения на коллекторе, не устраняемых протиркой его поверхности бензином, а также следов нагара на щетках. Такое искрение допустимо только при кратковременных перегрузках или изменении направления вращения якоря.

Сильное искрение щеток может быть вызвано наличием определенных неисправностей в машине: неправильной установкой траверсы, неодинаковым расстоянием между щетками по окружности коллектора, слишком сильным или слабым прижатием щеток к коллектору, вибрацией щеточных пальцев или всей машины. Щетки могут искрить также при замыкании пластин заусенцами, замыкании между петушками и при витковых замыканиях в якорной обмотке. Обрыв одного провода обмотки якоря вызывает сильное искрение на коллекторной пластине, с которой он соединен.

Неправильное чередование главных и добавочных полюсов или неправильная полярность отдельных полюсов вызывает искрение при частичной нагрузке. При холостом ходе в этом случае машина не искрит.

Сильное искрение щеток может привести к образованию между бракетами разной полярности электрических дуг, которые оплавляют щеткодержатели и пластины. Это явление называют круговым огнем по коллектору.

Износ коллектора происходит в месте расположения щеток. Если их разместить по окружности коллектора друг за другом (в одном щеточном следе), на поверхности коллектора образуются кольцевые углубления. Чтобы использовать всю поверхность коллектора и тем самым добиться минимального его износа, щетки устанавливают вразбежку – со сдвигом по оси коллектора (рис. 48, *а*). Смешение l_1 должно быть больше расстояния l_2 между смежными щетками одной полярности.

Под положительными и отрицательными щетками износ коллектора неодинаков. Это объясняется тем, что коэффициент трения анодно-поляризованной щетки, у которой ток проходит от щетки к коллектору, меньше, чем у щетки противоположной полярности. Чтобы добиться равномерного износа, сдвигают по оси коллектора щетки каждой второй пары смежных бракетов. В этом случае за плюсовой щеткой без сдвига следует минусовая, а за ними со сдвигом

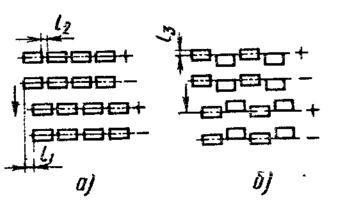


Рис. 48. Расстановка щеток на коллекторе вразбежку (*а*) и ступенчатая вразбежку (*б*)

следующие плюсовая и минусовая. Таким образом, на каждом щеточном следе по окружности коллектора будет расположено одинаковое число положительных и отрицательных щеток.

При установке вразбежку крайние щетки не должны выступать за наружный край коллектора и свисать над выточкой вблизи петушков коллектора.

На степень искрения влияет ширина зоны коммутации, которая определяется количеством замкнутых щеткой коллекторных пластин, т. е. шириной щетки. В некоторых машинах для уменьшения искрения коммутационную зону расширяют сдвигом по окружности коллектора на некоторое расстояние $l_з$ друг относительно друга щеток каждого бракета (рис. 48, *б*). Такая расстановка щеток называется ступенчатой.

Рабочая поверхность коллектора должна быть чистой и достаточно ровной (иметь малую шероховатость). Однако требование к малой шероховатости не следует переоценивать. Многочисленные исследования показывают, что после полной приработки поверхности коллектора щетками ее шероховатость достигает в среднем класса 7 (высота неровностей от 0,63 до 1,25 мкм), изредка переходя в более высокий класс 8. Следовательно, нет смысла добиваться более высокого класса чистоты при обработке поверхности коллектора, но надо выбрать правильный способ обработки поверхности коллектора.

Проточка коллектора при больших подачах с последующей шлифовкой стеклянной бумагой приводит к потере цилиндричности рабочей поверхности. Наилучший результат дает обточка с очень малой (до 0,05 мм на оборот) подачей без последующей шлифовки или шлифовка карборундовым кругом или бруском, закрепленным в суппорте. Наличие на поверхности отдельных продольных царапин не нарушает работы щеточного контакта, если удалены и сглажены выступающие над поверхностью их края.

Рабочая поверхность коллектора не должна иметь биений. влияющих на нормальную работу щеток. Биение может быть вызвано эксцентричностью поверхности коллектора по отношению к оси вращения ротора или местным нарушением цилиндричности поверхности в результате выступания или западания отдельных пластин или других дефектов.

Биение от эксцентричности менее опасно для скользящего контакта, чем местное нарушение цилиндричности. Допустимое биение зависит от частоты вращения машины. Для быстроходных машин оно не должно превышать 0,02 – 0,03 мм. Местное нарушение свидетельствует о серьезных дефектах коллектора и трудно устранимо – необходим капитальный ре-

монт коллектора с нагревом, подтяжкой гаек крепления пластин и проточкой рабочей поверхности. Даже небольшое (в несколько микрон) выступание пластины в быстроходных машинах приводит к кратковременной потере контакта в результате подбрасывания щетки. При западании пластины щетка также теряет с ней контакт. Местные нарушения вызывают образование местных нагаров из-за искрения щеток и ведет к их разрушению.

§ 24. ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

Машина постоянного тока требует в эксплуатации повышенного внимания. Как показывает анализ причин выхода из строя электрических машин, много аварий происходит по вине обслуживающего персонала, который не всегда обеспечивает необходимый уход за машинами постоянного тока или качественное выполнение текущего ремонта.

Надежность машины постоянного тока во многом определяет нормальная работа скользящего контакта, которая в свою очередь зависит в основном от состояния рабочей поверхности коллектора.

В процессе эксплуатации в результате трения щеток происходит неравномерный износ рабочей поверхности коллектора, который нарушает ее цилиндрическую форму. При правильной эксплуатации износ коллекторов во время непрерывной работы находится в пределах от 0,1 до 2 мм в год. У коллекторов встречаются следующие неисправности: подгар пластин, замыкание пластин между собой и на корпус, поломка и распайка петушков, оплавление пластин в результате кругового огня на коллекторе и др. При возникновении одного из указанных повреждений машина постоянного тока должна быть остановлена для проведения соответствующего ремонта.

Износ коллектора и щеток зависит от марки щеток и материала коллекторных пластин, давления щеток на коллектор, частоты вращения машины, плотности тока под щетками и состояния поверхности коллектора.

Надежный контакт между щеткой и коллектором и минимальные их износы обеспечиваются при оптимальном нажатии на щетку. Недостаточное нажатие приводит к сильному искрению и ускоренному износу коллектора и щеток. Слишком сильное нажатие увеличивает силу трения в скользящем контакте и тоже увеличивает износ.

Нажатие отдельных щеток на коллектор не должно отличаться более чем на 10% от среднего значения, иначе через

щетки с большим нажатием будет проходить значительно больший ток, чем через все остальные. Это приводит к повышенному их нагреву, а также неравномерному износу коллектора.

Во время работы происходит ослабление нажимных пружин в щеткодержателях. Причиной значительного ослабления может быть ток, проходящий через пружину при плохом контакте наконечников токопроводящих проводов щетки с бракетом или их обрыве. Ток нагревает пружину и приводит к ее отжигу.

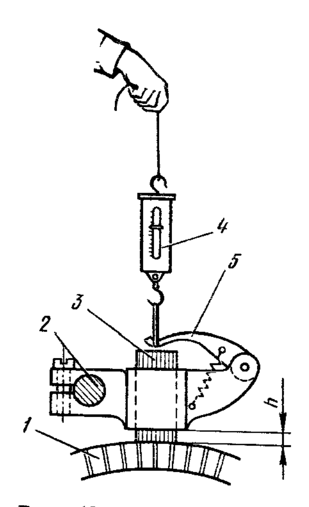


Рис. 49. Измерение усилия нажатия на щетку:

1 – коллектор, 2 – палец щеткодержателя, 3 – щетка, 4 – динамометр, 5 – рычажок

Нажатие на щетку 3 (рис. 49), создаваемое пружиной, измеряют динамометром 4, закрепленным за рычажок 5 в том месте, где он давит на щетку. Между щеткой и коллектором 1 прокладывают лист бумаги. Плавно натягивая динамометр за крючок, замечают его показания в момент, когда бумага может быть без усилия вытянута. Оно будет соответствовать нажатию щетки на коллектор, которое должно быть выдержано в пределах, рекомендуемых для данной машины.

Зазор h между щеткодержателем и коллектором влияет на устойчивость щетки. При больших зазорах щетка перекашивается и затрудняется ее скольжение в обойме щеткодержателя. В крупных машинах величину h выдерживают в пределах от 2 до 4 мм, в машинах меньшей мощности – от 1 до 2,5 мм.

Поверхность гнезда у щеткодержателя должна быть ровной и гладкой с едва заметными следами механической обработки. Зазор Δ между щеткой и стенкой обоймы (см. рис. 22, *а*) в направлении касательной к поверхности коллектора должен находиться в пределах от 0,1 до 0,2 мм при размере $t = 8 - 16$ мм и от 0,15 до 0,25 мм – при $t > 16$ мм. Больший зазор приводит к перекосу щетки и затрудненному перемещению в радиальном направлении, что ухудшает ее контакт с коллектором. Перекос особенно вреден для реверсивных машин, так как при изменении направления вращения щетка наклоняется в противоположную сторону, что приводит к уменьшению ее поверхности прилегания к коллектору. В аксиальном направлении (по оси

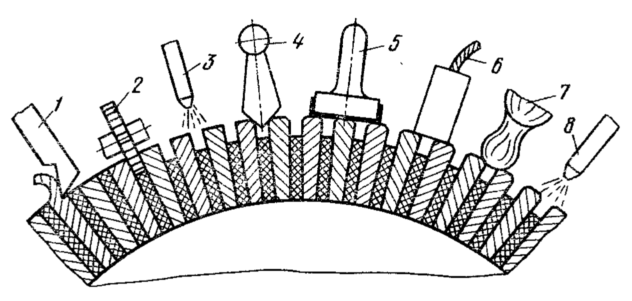


Рис. 50. Последовательность операций при обработке рабочей поверхности коллектора:

1 – обточка, *2* – продороживание, *3,8* – продувка сжатым воздухом, *4* – снятие фасок, *5* – шлифовка и полировка, *6* – притирка щеток, *7* – чистка ветошью

коллектора) допускается несколько больший люфт щетки в обойме: от 0,2 до 0,5 мм.

Последовательность операций при обработке рабочей поверхности коллектора приведена на рис. 50.

Глубокие подгары, кольцевые канавки, повышенное биение рабочей поверхности устраняют проточкой коллектора, снимая минимальный слой меди, необходимый для получения ровной поверхности. Коллекторы малых и средних машин протачивают на токарных станках, коллекторы крупных машин – при вращении якоря в собственных подшипниках, применяя специальные суппорты, которые устанавливают на траверсе или щите, сняв часть щеткодержателей. Высокую чистоту получают окончательной обработкой поверхности алмазными резцами при малой глубине, малых подачах (0,02 – 0,05 мм/об) и высоких скоростях резания (200 – 100 м/мин). Частота вращения при обработке не должна превышать номинальную частоту вращения машины, якорь должен быть отбалансирован.

После проточки коллектор шлифуют мелкозернистой стеклянной шкуркой и полируют. Для шлифования применяют приспособление, в котором шкурку закрепляют на вогнутой поверхности деревянной колодки. Приспособление устанавливают в суппорте токарного станка и пружиной прижимают колодку к коллектору.

Шлифовку производят также точильным бруском, устанавливая его в суппорте как резец. Этот способ применяют для устранения неглубоких повреждений.

Изоляцию между пластинами по мере износа и проточек коллектора выпиливают (продороживают) на глубину $h_{пр}$

(рис. 51, *а*), снимая на краях пластин фаски. Эту операцию выполняют при текущем ремонте специальной пилкой. Глубина продороживания у малых машин составляет от 0,5 до 0,8 мм, у средних – от 1 до 1,5, у крупных – до 2 мм. Удалять изоляцию на бо́льшую глубину недопустимо, так как в глубоких канавках скапливается щеточная пыль, которая может привести к замыканию коллекторных пластин.

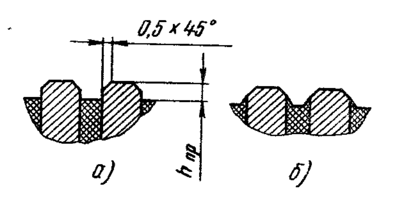


Рис. 51. Правильное (*а*) и неправильное (*б*) продороживание коллектора

Продороживание необходимо, чтобы обеспечить контакт щетки с коллектором, потому что миканит тверже меди и при износе пластин будет выступать над рабочей поверхностью. Нельзя оставлять миканит у боковых стенок (рис. 51, *б*), так как контакт щетки с коллектором будет нарушаться при небольшом износе его поверхности.

Переносные устройства, для продороживания позволяют механизировать этот трудоемкий процесс. Изоляцию между пластинами удаляют дисковой фрезой, расположенной в рабочей части *4* (рис. 52, *а*) устройства. Фреза приводится во вращение электродвигателем *1* с редуктором *6* через карданный или гибкий валик. Кнопка *3* включения и отключения электродвигателя для удобства размещена в правой рукоятке рабочей части, магнитный пускатель *2* – на электродвигателе.

Рабочая часть снабжена метрической шкалой для установки дисковой фрезы в зависимости от толщины коллекторной пластины, а также концентрическим зажимом, позволяющим регулировать глубину продороживания. Ширина фрезы подбирается в соответствии с толщиной изоляции между коллекторными пластинами.

Перед началом работы электродвигатель заземляют и подключают к сети. С помощью каретки и подвижных опор устанавливают необходимую глубину продороживания и настраивают рабочую часть в соответствии с толщиной коллекторной пластины.

Первую изоляционную прокладку продороживают вручную. Затем, взяв в руки рабочую часть приспособления, ставят ее направляющим ножом в продороженную канавку, включают электродвигатель и перемещают рабочую часть вдоль коллектора, продороживая вторую изоляционную прокладку. Нажимая кнопку, останавливают электродвигатель,

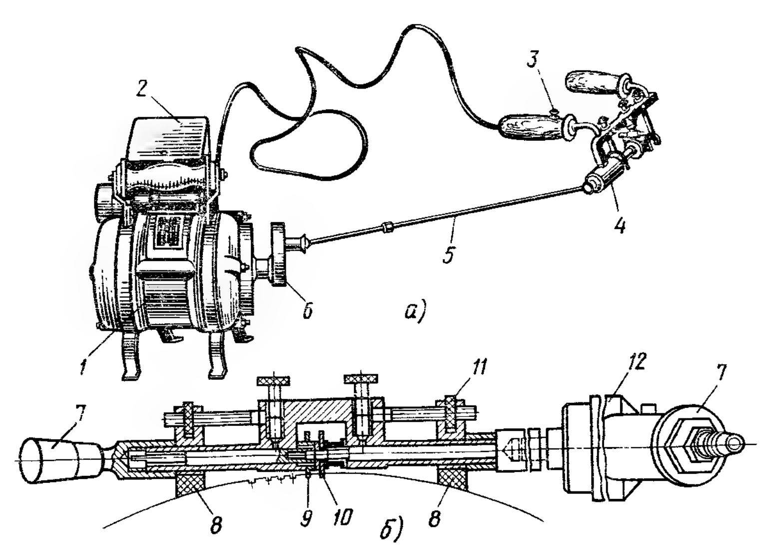


Рис. 52. Переносные устройства для продороживания коллекторов с приводом от электродвигателя (*а*) и с пневматическим приводом (*б*):

1 – электродвигатель, *2* – магнитный пускатель, *3* – кнопка, *4* – рабочая часть, *5* – карданный валик, *6* – редуктор, *7* – рукоятка, *8* – упоры, *9* – направляющий диск, *10* – фреза, *11* – гайка, *12* – пневматическая сверлильная машина

устанавливают нож в только что выбранную фрезой канавку и продороживают следующую прокладку.

Переносное устройство в 4 раза снижает затраты труда на продороживание коллектора по сравнению с ручным выпиливанием изоляции и намного повышает качество выполнения этой операции, поэтому оно находит широкое применение при ремонте электрических машин.

Продороживание с помощью приспособления выполняют в защитных очках, рукава одежды завязывают на кистях рук. Фреза должна вращаться по часовой стрелке, если смотреть со стороны левой рукоятки. Направление вращения указано на корпусе устройства. Приступая к работе, надо убедиться в правильности направления вращения фрезы и прочности ее крепления.

Для продороживания применяют также пневматические приспособления. В качестве привода в них может быть использована пневматическая сверлилка *12* (рис. 52, *б*), которую встраивают непосредственно в рабочую часть приспособления. Карданный валик при такой конструкции отсутствует. Рядом

с фрезой *10* на расстоянии, равном толщине пластины, устанавливают направляющий диск *9*. Упоры *8* из текстолита придают устойчивое положение приспособлению при движении его вдоль коллектора с помощью рукояток *7*. Гайки с накаткой *11* позволяют перемещать упоры для регулировки глубины врезания фрезы. Первую прокладку продороживают вручную, чтобы установить между пластинами направляющий диск.

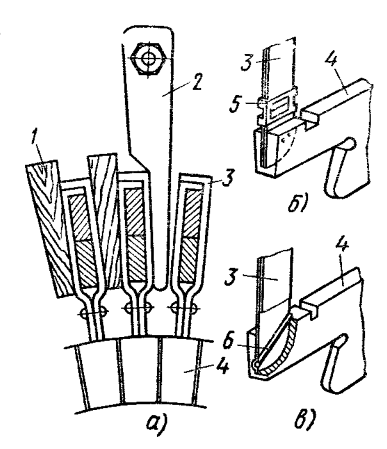


Рис. 53. Пайка (*а*) и ремонт петушков с помощью скобы (*б*) и штифта (*в*):

1 – распорные клинья между петушками, *2* – паяльник, *3* – петушок, *4* – коллекторная пластина, *5* – скоба, *6* – штифт

Продороживание производят до шлифовки и полировки, чтобы не повредить окончательно отделанную поверхность. После продороживания коллектор продувают сжатым воздухом для удаления слюдяной и медной пыли.

Биение рабочей поверхности коллектора не должно превышать норм, установленных заводскими данными. Для коллекторов диаметром до 250 мм обычно допускается максимальное биение 0,02 мм, при диаметрах 300 – 600 мм – от 0,03 до 0,04 мм. Биение проверяют индикатором часового типа, на конец стержня которого надевают плоский наконечник, чтобы углубления между пластинами не мешали измерениям.

Замыкание коллекторных пластин между собой и на корпус обычно происходит при пробое или прогорании изоляционных прокладок, манжеты, а также через грязь, металлическую стружку, пыль и капли припоя. Замыкание пластин в доступных для осмотра местах (наружное замыкание) устраняют расчисткой дорожек между пластинами и обработкой оплавленных или обгоревших пластин шабером. Для ликвидации внутренних замыканий требуется частичная или полная разборка коллектора.

Распайка петушков в месте их соединения с обмоткой происходит в результате чрезмерного нагрева якоря при работе машины или из-за некачественной пайки. Пластины, имеющие плохой контакт с обмоткой, темнеют. Для восстановления контакта петушки *3* (рис. 53, *а*) пропаивают, нагревая их дуговым паяльником с наконечником *2*.

Отдельные ленточные петушки ломаются в результате механических повреждений при ремонте машины. Массовая поломка может произойти вследствие сильных вибраций или под действием центробежных сил при ослаблении или сползании бандажей, стягивающих лобовую часть обмотки. Хрупкость меди в результате сильного нагрева при пайке может также явиться причиной обрыва петушков; этот дефект характерен при малых толщинах металла.

Метод ремонта поломанных петушков выбирают в зависимости от места излома. Если он произошел на расстоянии не менее 10 мм от коллекторной пластины, части петушка скрепляют скобой 5 (рис. 53, *б*); место соединения пропаивают. Отломанный у самой поверхности коллектора петушок заменяют новым. Для ремонта в этом случае снимают бандаж с лобовых частей обмотки якоря со стороны коллектора и отпаивают петушок от обмотки. Узким крейцмейселем вырубают из коллекторной пластины оставшуюся в ней после поломки часть петушка. В пластине просверливают наклонное отверстие под штифт 6 (рис. 53, *в*). Новый петушок вставляют хвостовиком в прорезь пластины и надевают его головку на проводники обмотки. Затем забивают штифт в хвостовик, плотно заклинивая его в отверстии. Места соединений петушка к коллектору и обмотке пропаивают, после чего на лобовую часть наматывают бандаж.

§ 25. КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

При капитальном ремонте коллекторов с креплением нажимными кольцами обычно заменяют пластины или ликвидируют внутренние замыкания. Пластины заменяют при уменьшении диаметра коллектора в результате износа и проточек до величины, указанной заводом-изготовителем. Дальнейшее уменьшение диаметра (табл. 12) может привести к недопустимому уменьшению высоты пластин, прогибанию их под действием центробежных сил и нарушению цилиндрической рабочей поверхности.

Коллектор для ремонта снимают с вала на гидравлическом прессе специальными захватывающими приспособлениями или съемником, предварительно отпаяв от петушков провода обмотки. Нельзя захватывать коллектор за медные пластины или упираться в них. Усилие при стягивании прикладывают к втулке коллектора или к ее крепежным элементам.

В некоторых случаях для облегчения съема коллектор разбирают на валу якоря: отвинчивают гайку, снимают нажимное кольцо с манжетой, комплект медных пластин, изоляционный

Таблица 12. **Допустимый износ пластин для машин постоянного тока серии ПН**

Тип машины	Размеры, мм		
	диаметр коллектора $D_к$	высота пластины $h_п$	допустимый износ Δ
ПН-2,5	52	15,5	3,0
ПН-5	64	15,5	3,0
ПН-10	80	18,5	3,5
ПН-17,5	80	18,5	3,5
ПН-28,5	125	21,5	4,0
ПН-45	125	21,5	4,0
ПН-68	125	21,5	4,0
ПН-100	170	30	6,0
ПН-145	170	30	6,0
ПН-205	200	–	7,0
ПН-400	200	–	7,0
ПН-550	250	–	8,0
ПН-1320	350	–	10,0

цилиндр. В последнюю очередь с помощью пресса снимают коллекторную втулку.

Перед разборкой коллектора отмечают положение контрольной пластины относительно оси шпоночного паза. Пластины по рабочей поверхности стягивают хомутом из листовой стали, отвинчивают крепежные детали, снимают нажимное кольцо и комплект пластин.

Новые коллекторные пластины изготовляют из медных холоднотянутых полос трапецеидального сечения (рис. 54, *а*). Для высокоскоростных и теплостойких машин применяют более износоустойчивую и сохраняющую твердость при высоких температурах кадмиевую медь (с содержанием 1% кадмия). Чтобы обеспечить прилегание пластин по всей боковой поверхности, угол α между сторонами трапеции должен быть выдержан с высокой степенью точности. Его проверяют, контролируя щупом зазор между боковыми сторонами медных полос и шаблоном (рис. 54, *б*). При высоте h, равной 30–80 мм, в зазор не должен входить щуп толщиной 0,05 мм: а при h, равной 80–105 мм, – щуп толщиной 0,08 мм. Размер a проверяют по положению полосы в шаблоне: верхняя сторона пластины не должна выходить за поверхности *1* и *2*.

Полосы режут на заготовки определенной длины с припуском на обработку по торцам. Заготовки зачищают от заусенцев и правят в штампах под прессом для устранения кривизны.

Шлицы в пластинах под провода обмотки фрезеруют до или после сборки коллектора. В тонких пластинах, где незначитель-

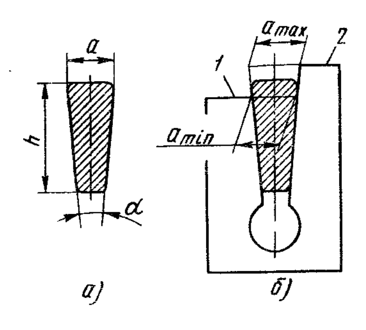


Рис. 54. Профиль (*а*) коллекторной меди и шаблон (*б*) для его контроля

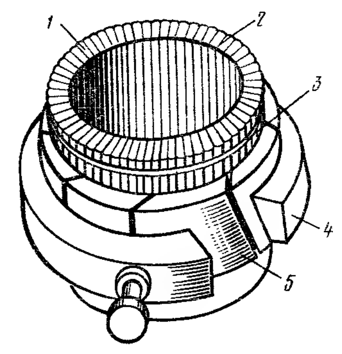


Рис. 55. Приспособление для опрессовки коллектора

ное смещение при глубокой фрезеровке может привести к браку (срезу щечки), шлицы выполняют до сборки. Фрезеровка шлицев в собранном коллекторе более производительна, так как уменьшается время на установку и снятие деталей.

Изоляционные прокладки между пластинами изготовляют из специального коллекторного миканита, слюдинита или слюдопласта с малым содержанием смолы для уменьшения усадки материала под воздействием температуры и давления. Чтобы обеспечить прилегание прокладок к пластинам по всей поверхности, к материалу для прокладок предъявляют повышенные требования по отклонениям толщины в отдельных точках.

Сначала собирают в кольцо комплект медных пластин *1* (рис. 55) и изоляционных прокладок *2*. Сборку производят вручную на гладкой плите или на сборочном диске. Диск имеет пазы, число которых равно числу пластин, что облегчает процесс сборки. Комплект связывают проволокой *3* и переносят на плиту гидравлического пресса. Вокруг него устанавливают конические плашки *5*, на них – кольцо *4* с коническим отверстием, на которое давят прессом сверху вниз. Кольцо опускается и сжимает плашки, которые в свою очередь передают давление на пластины, спрессовывая их в кольцо правильной формы.

Опрессовка коллектора нужна для получения монолитного цилиндра из пластин и прокладок за счет их прижатия друг к другу с необходимым усилием (боковым давлением) и производится в три приема, сначала в холодном состоянии, затем в нагретом (после выпечки) и, наконец, после остывания до температуры цеха. При первой опрессовке создается нужное боковое давление между пластинами. Вторая и третья опрессовки служат

для восстановления этого давления, уменьшающегося после выпечки в результате усадки прокладок, а также при охлаждении из-за разных коэффициентов линейного расширения меди и стального кольца. В крупных коллекторах выпечку и опрессовку после нее производят 2—3 раза.

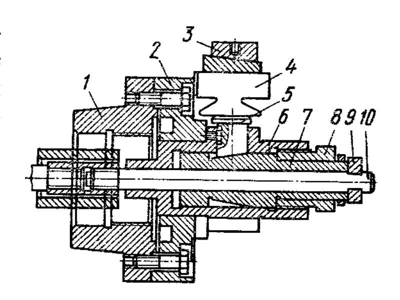


Рис. 56. Пневматическая оправка для обработки коллектора

Коллекторы небольших размеров изготовляют, запрессовывая комплект в стальное кольцо без плашек. Для получения необходимого бокового давления пользуются переходным кольцом с коническим внутренним отверстием, скользя в котором комплект уменьшает свой диаметр. После выпечки и остывания пластины перепрессовывают в кольцо с меньшим диаметром, также используя переходные конические кольца.

Выпечка миканитовых прокладок в спрессованном комплекте производится для удаления летучих веществ из смолы, которой склеены частички слюды, и последующей ее полимеризации (затвердевания). Комплект вместе с прессовочным кольцом нагревают и выдерживают в печи при высокой температуре несколько часов.

В комплекте пластин после выпечки на токарных или карусельных станках с обеих сторон делают выточки, образующие «ласточкин хвост». Точность выполнения размеров выточек проверяют шаблонами. Пластины *4* (рис. 56), собранные в прессовочное кольцо *3*, крепят на разжимных кулачках *5*. Корпус пневматического приспособления *2* закрепляют на планшайбе *1* станка. Кулачки расходятся при движении конической втулки *7* в сторону планшайбы, усилие на которую передается через тягу *10* со съемной шайбой *9*.

Сделав выточку с одной стороны, гайкой *8* запирают коническую втулку в корпусе *6* оправки. Переключением пневматического цилиндра на разжим перемещают тягу вправо. Сняв шайбу *9*, оправку *6* с закрепленным на ней комплектом пластин вынимают из корпуса *2*, поворачивают для изготовления второй выточки и вставляют снова в корпус. Затем надевают на тягу шайбу *9* и включают пневмоцилиндр для закрепления оправки. Чтобы снять комплект пластин, вывинчивают гайку *8*, которая перемещает коническую втулку вправо, освобождая кулачки.

Перед сборкой коллектора все детали тщательно очищают, продувают сжатым воздухом, проверяют комплект пластин на отсутствие заусенцев и заволочек меди от механической обработки, которые могут привести к замыканию между пластинами. Обработанные поверхности выточек протирают кистью, слегка смоченной спиртом или смесью бензина с уайт-спиритом. Миканитовые прокладки при этом темнеют и на них ярко выделяются частицы меди.

Сборку коллектора производят, устанавливая его втулку торцевой поверхностью на сборочную плиту и последовательно надевая на нее манжету, выпеченный и опрессованный комплект пластин вместе с кольцом, вторую манжету, нажимное кольцо и завинчивая гайку. Чтобы обеспечить монолитность коллектора, производят выпечку миканитовых манжет и подтяжку гайки при давлении на нажимное кольцо прессом с определенным усилием.

Коллектор при работе машины подвергается механическим нагрузкам и теплосменам, в результате которых пластины могут сместиться друг относительно друга. Чтобы этого не произошло, коллектор после изготовления формуют статическим и динамическим способами.

Статическая формовка осуществляется после снятия прессовочного кольца трехкратным нагревом и подтяжкой гайки до и после каждого нагрева. При динамической формовке коллектор нагревают и вращают. Центробежные силы, прижимая пластины к миканитовым манжетам, помогают им занять окончательно положение, которое будет сохранено при работе машины.

В заводских условиях для динамической формовки применяют специальные установки, в которых коллекторы нагревают электрическими спиралями или другим способом и вращают приводными двигателями. При ремонте нагрев может быть осуществлен трением деревянных колодок о поверхность вращающегося коллектора. Перед динамической формовкой коллектор протачивают и проверяют биение индикатором в холодном состоянии. При формовке крупных коллекторов *3* (рис. 57) применяют ремень *2* с прикрепленными к нему деревянными колодками *1*. Один конец ремня закрепляют непосредственно на фундаментной плите, а другой через натяжное устройство, состоящее из рамки *6*, болтов *4* и ползунка *5*.

Коллектор формуют при частоте вращения, близкой к рабочей, регулируя его нагрев подтяжкой ремня. После формовки определяют биение и подтягивают гайки на шпильках. Выступающие пластины отмечают мелом и повторяют динамиче-

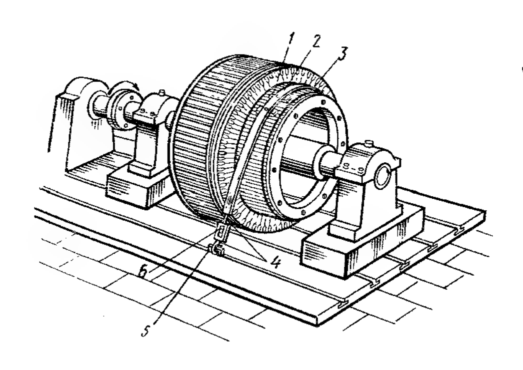


Рис. 57. Динамическая формовка коллектора

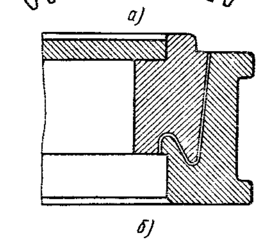


Рис. 58. Заготовка (*а*) и пресс-форма (*б*) для манжеты

скую формовку до тех пор, пока разница биений до и после разгона будет меньше 0,04 мм.

Манжеты заменяют новыми при их пробое или значительном повреждении в результате перекрытия (поверхностного разряда) выступающей за торцы пластин части. Перекрытие происходит при загрязнении поверхности манжет токопроводящей щеточной пылью, пробой – при расслаивании материала в месте резких его перегибов вблизи вершин конусов нажимного кольца и втулки.

Коллекторные манжеты изготовляют из нескольких слоев формовочного миканита. Сегментные заготовки (рис. 58, *а*) склеиваются между собой в пресс-форме (рис. 58, *б*) под воздействием большого давления и температуры. Чтобы в манжете не образовались складки, в заготовках делают вырезы. Подогретую пресс-форму выдерживают под давлением на прессе до остывания. При этом полной запечки не происходит, а манжета окончательно формуется при сборке и формовке коллектора.

Качество манжет проверяют наружным осмотром. Их поверхность должна быть чистой и гладкой без отслаивания слюды, трещин и посторонних включений. Электрическую прочность манжеты проверяют помещая ее между специальными электродами, форма которых повторяет очертания манжеты.

Продороживание коллекторов при капитальном ремонте в условиях электроремонтного цеха производят на специальных станках. На рис. 59 представлен станок-полуавтомат для коллекторов диаметром 350 – 800 мм. На сварной станине *12* станка размещены передняя *9* и задняя *1* бабки. В корпусе передней бабки размещены насосная гидравлическая станция

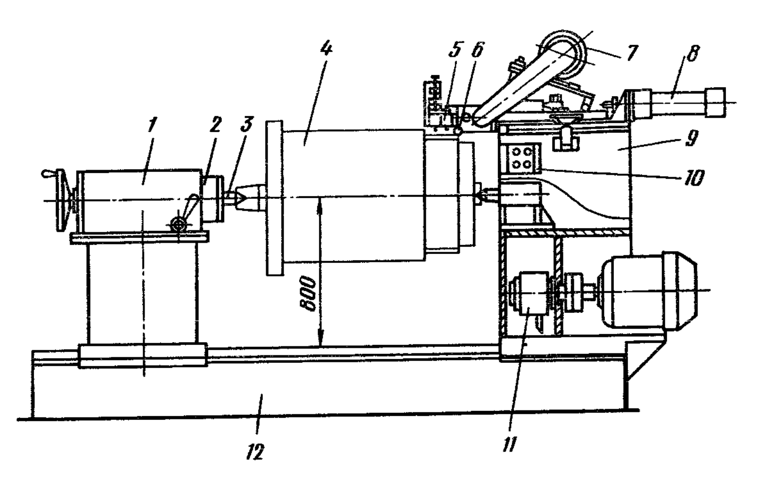


Рис. 59. Станок-полуавтомат для продороживания коллекторов

11 для перемещения головки с фрезой *6*, шкаф с электрической и гидравлической аппаратурой, механизм *5* шагового поворота якоря на заданный угол и пульт управления *10*.

Фрезерная головка с электромеханическим приводом вращения фрезы закреплена на специальном суппорте, возвратно-поступательное движение которого в горизонтальной плоскости осуществляет гидроцилиндр *8*, а в вертикальной – винтовая пара.

Якорь *4* зажимают в центрах *3* станка, перемещая пиноль *2* вращением рукоятки. Фрезу подводят к коллектору, устанавливают заданную глубину продороживания и прорезают первые 7–8 канавок до попадания фиксатора в первый отфрезерованный паз, управляя станком с помощью кнопок на пульте. Затем станок переключают на автоматический режим.

Фрезерная головка станка оснащена специальной механической блокировкой, которая отключает механизм перемещения фрезы вдоль коллекторной пластины в том случае, если фиксирующее устройство не вошло в паз между пластинами. Таким образом, блокировка контролирует поворот якоря на заданный угол и предотвращает зарез пластин коллектора.

Продороживание коллектора сопровождается выделением большого количества мелкой слюдяной пыли и медной стружки, поэтому станок оснащают мощной системой вытяжной вентиляции с циклоном для сборки и сепарации отходов резки. Отсасывающий пылеприемник 7 располагают вблизи фрезы.

Для повышения качества продороживания устанавливают две фрезы на расстоянии друг от друга, равном толщине пластины коллектора. Таким образом, каждая канавка фрезеруется дважды: первая фреза осуществляет грубую обработку, вторая — чистовую.

§ 26. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПЛАСТМАССЕ

Применение пластмассы удешевляет изготовление коллекторов и сокращает расход дефицитных слюдяных материалов, меди и черных металлов. Для изготовления пластмассовых корпусов используют термореактивные пресс-материалы К-6, АГ-4В, АГ-4С. Пресс-материал К-6 изготовляют на основе резольной смолы и асбестового волокна и применяют для низковольтных коллекторов малых размеров. Пресс-материал АГ-4 изготовляют на основе фенольно-формальдегидной смолы со стекловолокнистым наполнителем. Это — одна из лучших пластмасс с высокими механической и электрической прочностью и теплостойкостью.

Капитальный ремонт коллекторов на пластмассе производят с разборкой корпуса. Без разборки устраняют следы перекрытия, прожоги пластмассы и небольшие трещины.

Незначительные следы перекрытий на поверхности пластмассы зачищают стеклянной бумагой, затем протирают ветошью и покрывают не менее 2 раз эмалью воздушной сушки ГФ-92-ХК. Прожоги на значительной площади удаляют проточкой корпуса на токарном станке на глубину 2 – 3 мм. Обработанную поверхность шлифуют стеклянной бумагой, обезжиривают ветошью, смоченной в бензине или ацетоне, и покрывают эмалью.

Трещины глубиной до 3 мм и прогары пластмассы удаляют сверлением или расточкой. Обработанные места очищают от пыли и загрязнений и заполняют эпоксидным компаундом холодного отверждения. Коллектор выдерживают 24 ч на воздухе и 5 – 6 ч в печи при 120 °С, после чего отремонтированные поверхности зачищают, шлифуют и покрывают эмалью.

Ремонт коллекторов с разборкой пластмассового корпуса производят при внутренних замыканиях между пластинами, значительных выгораниях пластмассы, а также при ослаблении крепления втулки и коллекторных пластин.

Разборку коллектора начинают с выпрессовки втулки на гидравлическом прессе. Затем в пластмассовом корпусе изнутри протачивают канавку шириной 10 – 15 мм, чтобы разделить его на две части, которые удаляются также с помощью пресса.

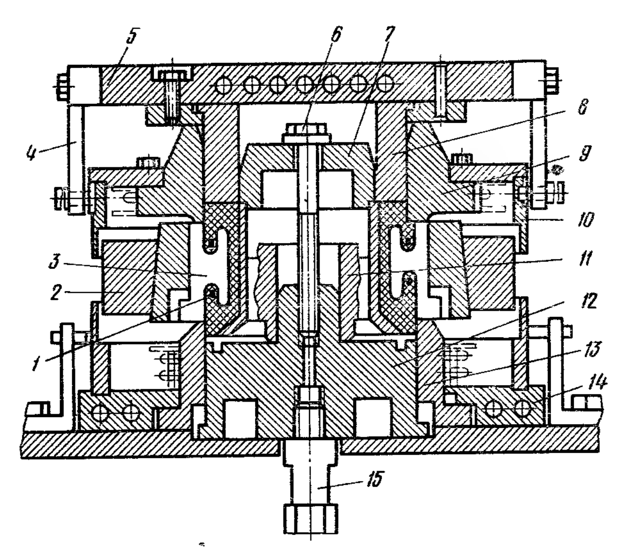


Рис. 60. Пресс-форма для изготовления коллектора на пластмассе

У очищенных и отрихтованных пластин выправляют петушки, отпаивают концы катушек якорной обмотки и лудят шлицы в петушках под провода. Изоляционные пластины заменяют новыми.

Пластмасса в коллектор запрессовывается в пресс-формах различной конструкции. Пресс-форма (рис. 60) состоит из трех основных частей: нижней, которая за клицу-обойму *14* крепится к столу пресса прихватами, верхней матрицы *9* с обоймой *10* и верхней части, также закрепленной за плиту *5* на ползуне пресса. Верхняя матрица и обойма могут быть соединены с верхней плитой защелками *4*.

Нагретую коллекторную втулку надевают на нижний пуансон *12*. Сверху в нее вставляют центрирующий стакан *7*, который притягивают болтом *6*. Затем в нижнее прессовочное пространство между втулкой *11* и матрицей *13* закладывают таблетку в виде кольца из пресс-материала АГ-4С, подогретую для размягчения на высокочастотной установке до 70 – 80 °С. Запрессованный в кольцо *2* с плашками и прошедший выпечку и прессовку комплект пластин *3* предварительно подогревают в печи, закладывают в выточки армирующие кольца *1* и устанавливают в пресс-форму. После этого ползун пресса с верхней плитой и прикрепленной к ней защелками верхней матрицей

опускают вниз, смыкая пресс-форму и скрепляя шарнирными болтами (на рисунке не показаны) верхнюю матрицу с нижней частью. Откинув защелки, верхнюю часть поднимают вместе с ползуном пресса вверх и закладывают в верхнее загрузочное пространство между втулкой *11* и матрицей *9* вторую подогретую таблетку из пресс-материала.

Чтобы более плотно сомкнуть пресс-форму, на матрицу *9* накладывают промежуточную плиту и, придавливая ее пуансоном *8*, стягивают шарнирные болты до отказа. Затем промежуточную плиту снимают и ползун опускают вниз, производя пуансоном *8* прессование коллектора. Прессование производят под давлением 3400–4300 Н/см^2 при подогреве до 140–160 °С и с выдержкой времени 1–2 мин на каждый миллиметр толщины пластмассового корпуса.

После прессования отвертывают шарнирные болты, накидывают защелки на штыри обоймы *10* и поднимают ползуном пресса верхнюю часть вместе с матрицей *9*. Затем отвинчивают болт *6* и снимают стакан *7*. Толкателем *15* коллектор выталкивается из матрицы *13*. С пуансона *12* его снимают специальным приспособлением.

Коллектор после запрессовки в него пластмассы термообрабатывают, выдерживая в печи в течение нескольких часов при 150–160 °С. Термообработка повышает механическую и электрическую прочность пластмассы.

Закладка материала в виде таблеток позволяет экономить время на загрузку пресс-формы и производить предварительный подогрев материала, благодаря чему сокращается время выдержки при прессовании, увеличивается производительность труда и съем изделий с единицы оборудования. Таблетки изготовляют в отдельных пресс-формах при подогреве до 50–60 °С с выдержкой времени 5–10 мин. Они имеют форму и размеры, удобные для закладки при прессовании коллектора.

§ 27. РЕМОНТ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

Сильное искрение щеток на контактных кольцах встречается реже, чем на коллекторе. Оно бывает обычно при пуске или торможении двигателя, когда ток в несколько раз превышает номинальный.

Контактные кольца должны быть прочно закреплены на валу электрической машины, не иметь забоин, подгаров и неравномерной выработки. Нормальное биение контактных колец составляет от 0,03 до 0,05 мм; предельно допустимое при диаметре до 125 мм – 0,1, а при диаметре выше 125 мм – 0,15 мм.

Изоляцию колец друг от друга и от втулки проверяют мегаомметром. Замыкание между кольцами или между кольцом и валом происходит вследствие повреждения изоляции выводных шпилек и втулки.

Незначительные повреждения рабочей поверхности колец (подгары, потемнения) зачищают стеклянной бумагой; более глубокие неровности устраняют проточкой колец с последующей шлифовкой и полировкой.

На контактиых кольцах могут появиться матовые пятна, которые вызывают искрение щеток, при этом сами пятна обгорают и становятся шероховатыми, в результате чего искрение усиливается. Пятна возникают в результате электрохимических явлений под действием тока от гальванической пары при контакте щетки с неподвижным кольцом во влажной атмосфере. Чтобы предупредить их появление, под щетки при длительном простое машины подкладывают прокладки.

В синхронных машинах большему износу подвержено отрицательное кольцо и щетки на нем. Поверхность кольца становится матовой и шероховатой. Интенсивный износ вызывается переносом частиц металла с отрицательного кольца на щетку. Шероховатость поверхности устраняют проточкой и шлифовкой. Износ уменьшают, периодически изменяя полярность колец.

Кольца, отлитые из бронзы, могут иметь на поверхности поры и усадочные раковины, которые приводят к неравномерной выработке и вибрации щеток.

При текущем ремонте контактные кольца очищают от пыли, которая снижает сопротивление изоляции и может явиться причиной пробоя. Торцевые части колец и промежутки между ними покрывают эмалью, на гладкой поверхности которой пыли удерживаться труднее. В случае пробоя изоляции между кольцами или изоляции колец от втулки контактные кольца снимают с вала и отправляют в капитальный ремонт.

В старых конструкциях асинхронных двигателей приходится ремонтировать приспособление для замыкания колец и подъема щеток. Чаще всего у приспособления изнашиваются сухарики хомутика, передвигающего короткозамыкающее кольцо *1* (рис. 61). Износ неподвижных сухариков происходит из-за их трения о вращающееся кольцо, у которого по этой же причине срабатываются борта. При ремонте круглые сухарики заменяют прямоугольными со скругленными краями, которые, имея большую поверхность контакта с кольцом, меньше истираются. Кольца восстанавливают наплавкой и проточкой, при значительном износе заменяют новыми.

Слабым местом приспособления являются также контакты 2. Все три контакта при перемещении кольца 1 должны одновременно соприкасаться с ним. Если это условие не выполняется, возникает дуга, разрушающая контактные поверхности. Потемнения и небольшие подгары на контактах зачищают стеклянной бумагой или напильником. Изношенные и обгоревшие пружинные контакты заменяют новыми.

Капитальный ремонт контактных колец производят при их износе, ослаблении посадки на втулку, выгорании контактных шпилек и пробое изоляции. Втулку обычно приходится заново переизолировать, так как во время съема колец изоляция повреждается.

Изношенные контактные кольца заменяют новыми, выточенными из стальных, чугунных, бронзовых, медных труб или отливок, сохраняя марку материала.

Кольца 5 (рис. 62) с холодной прессовкой собирают на диске 8, продевая в отверстия контактные шпильки 1 и устанавливая технологические дистанционные прокладки 6. Во внутрь вкладывают изоляцию 2 из нескольких слоев электрокартона и миканита и гильзу 7 из стального листа, которая предохраняет изоляцию от смятия при запрессовке втулки 4. На втулку кладут второй диск 3 и давят на него прессом. Усилие при запрессовке зависит от толщины изоляции и служит критерием надежности посадки колец. Оно оговаривается в технологической карте. После запрессовки кольца сушат в печи при 100 – 120 °С, а торцы колец и промежутки между ними покрывают электроизоляционной эмалью.

У контактных колец с горячей посадкой очищенную от старой изоляции поверхность втулки изолируют заново нес-

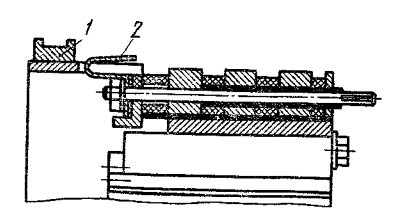


Рис. 61. Короткозамыкающее приспособление с пружинными контактами

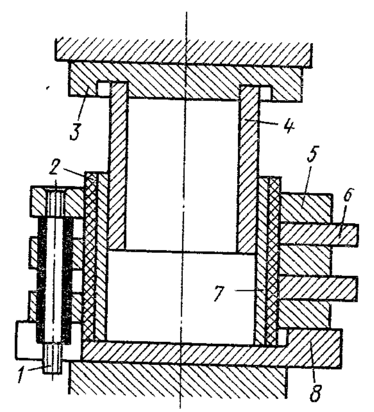


Рис. 62. Холодная прессовка контактных колец на втулку

колькими слоями формовочного миканита или стекломиканита, нарезая полосы шириной, равной длине втулки. Полосы смазывают клеящим лаком и просушивают на воздухе. Подогретую в сушильном шкафу до 90–100 °С втулку туго обматывают изоляцией, обертывают двумя слоями кабельной бумаги, стягивают хомутом из листовой стали и опять нагревают до 120–130 °С. Вынув втулку из шкафа и подтянув на ней хомут, ее снова нагревают и выдерживают при 150–180 °С не менее 1 ч для запечки изоляции. После подтяжки хомута на горячей втулке ее охлаждают. Проточку производят остро заточенным резцом по направлению намотки изоляции, выдерживая заданный натяг.

Опрессовку изоляции втулки при больших количествах однотипных изделий производят в коническом кольце с плашками, подобном тому, которое применяется для опрессовки коллекторов.

Кольца насаживают на втулку нагретыми до 350–450 °С и охлаждают струей воздуха. После проверки изоляции на электрическую прочность их протачивают, оставляя припуск на окончательную обработку контактных колец ротора. Изоляцию втулки покрывают электроизоляционной эмалью и после сушки на воздухе бандажируют хлопчатобумажным шнуром или киперной лентой, чтобы предотвратить выветривание чешуек слюды.

Контактные шпильки при выгорании заменяют новыми, изолируют миканитом или бакелизированной бумагой, бандажируют проволокой и помещают в сушильный шкаф. После запечки изоляции проволоку снимают. Шпильки к кольцам приваривают или припаивают твердыми припоями.

§ 28. РЕМОНТ ТОКОСЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА

Щетки при износе, когда их высота становится примерно равной 40–50% первоначальной, заменяют новыми той же марки (табл. 13). Все щетки заменяют одновременно.

Таблица 13. **Щетки электродвигатели АК2 и АОК2**

Габарит двигателя	Марка щетки	Высота щетки, подлежащей замене, мм	Размеры новой щетки, мм
4	МГ-4	12	8 × 12,5 × 25
5			10 × 16 × 25
6	МГ-2	18	10 × 20 × 32
7	МГ-6	20	12,5 × 25 × 40
8	МГ-4	20	12,5 × 25 × 40
9			12,5 × 25 × 40

К характерным повреждениям щеток следует отнести бороздки на контактной поверхности, образующиеся в результате неравномерного износа колец, щеток по высоте и ширине вследствие отклонения щеткодержателя от нормального положения, выкрошивание нижних кромок щеток, приводящее к искрению, разрушение щеток от вибраций.

При дефектации щеток и щеткодержателей проверяют: усилие, с которым пружина прижимает щетку к коллектору или кольцам; сопротивление изоляции пальцев щеткодержателей; износ щеток; качество заделки токопроводящего провода в щетку; жесткость крепления траверсы и состояние антикоррозионных покрытий на пружинах щеткодержателей.

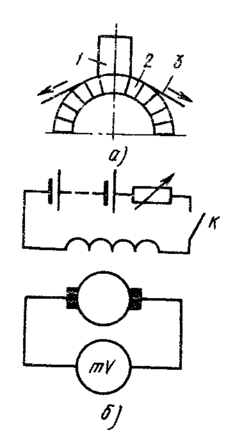


Рис. 63. Притирка щеток (*а*) и схема отыскания нейтрали (*б*)

Новые щетки имеют плоские грани. Чтобы увеличить контактную поверхность, их притирают (пришлифовывают) к коллектору или кольцам. Притирку непосредственно в машине выполняют стеклянной бумагой *3* (рис. 63, *а*), которую гладкой стороной укладывают на коллектор *2* и протягивают под щеткой *1*, прижимая к коллектору по дуге, чтобы не подрезать края щеток. Весь комплект щеток в машине можно притереть, вращая коллектор, обернутый бумагой по всей окружности.

Для пришлифовки применяют стеклянную шкурку с зернами средней крупности. При мелких зернах она быстро засоряется графитной пылью, крупные зерна дают неровную поверхность щеток. Нельзя для шлифовки использовать материалы из наждака или карборунда. Их зерна въедаются в тело щетки и царапают коллектор.

У нереверсивных машин притирку производят при рабочем направлении вращения или протяжкой бумаги в том же направлении.

Притирка в машине загрязняет ее щеточной пылью и требует значительных затрат времени. В условиях ремонтной мастерской эту операцию выполняют вне машины на приспособлении, которое повышает производительность труда и культуру производства. Щетки малых машин обрабатывают шлифовальным кругом с диаметром, равным диаметру коллектора, при диаметре коллектора 600 мм и более – с помощью вращающегося барабана с закрепленной на нем стеклянной бума-

гой. Стационарная установка позволяет оборудовать рабочее место эффективной вытяжной вентиляцией.

Окончательно щетки прирабатываются к коллектору после сборки машины при работе ее на холостом ходу. Кабельные наконечники токопроводящих проводов щетки должны быть надежно прижаты к щеткодержателям. При плохом контакте ток от щетки будет проходить в точках соприкосновения ее со стенками гнезда. Этот ненадежный и прерывистый из-за вибраций контакт приводит к обгоранию гнезда. Другой путь тока – через пружину – может привести к потере ею упругих свойств в результате нагрева. Из-за неравномерного распределения тока между щетками может произойти перегрев и выплавление токопроводящих проводов. В этом случае при большом токе стенки гнезда спекаются со щетками.

Щеточные пальцы должны быть прочно закреплены в траверсе и располагаться параллельно оси машины. Параллельность проверяется по положению краев щеток относительно края коллекторной пластины. Траверсу при сборке ремонтируемой машины устанавливают по рискам на ней и подшипниковом щите, которые наносят при выпуске машины с завода-изготовителя. После капитального ремонта проверяют установку щеток в электрических нейтралях. При точном расположении на нейтралях щетки замыкают накоротко секции обмотки, расположенные вне поля главных полюсов, что необходимо для получения безыскровой коммутации. Существует несколько методов отыскания нейтрали. При индукционном методе к обмотке возбуждения неподвижной машины через реостат подключают аккумуляторную батарею (рис. 63, *б*). К зажимам якоря присоединяют милливольтметр. Замыкая и размыкая ключ *К* и перемещая траверсу, находят такое ее положение, при котором отклонение стрелки прибора будет наименьшим. Правильность положения найденной нейтрали проверяют при нескольких положениях якоря, поворачивая его от руки в одном и том же направлении, чтобы избежать влияния перемещения щеток в гнездах щеткодержателей. После закрепления траверсы снова проверяют установку щеток в нейтралях.

Правильность установки траверсы можно проверить при работе машины вхолостую. При расположении щеток на нейтрали генератор выдает максимальное напряжение, у двигателя частота вращения в обоих направлениях будет одинакова.

Щеткодержатели, применяемые в электрических машинах, изготовляют штампованными, клепаными, литыми, а также комбинированными, которые состоят из литой обоймы, соединенной с держателем клепкой или сваркой.

К наиболее характерным повреждениям щеткодержателей следует отнести: оплавление обоймы при круговом огне на коллекторе; разъедание внутренней поверхности окна в результате прохождения тока от щетки через щеткодержатель при повреждении или плохом контакте токопроводящего провода; значительный износ окна вследствие биения коллектора или колец (в этом случае изнашиваются также и боковые поверхности щеток).

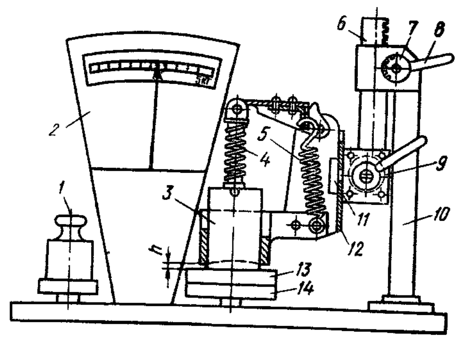


Рис. 64. Устройство для замера нажатия пружины на щетку

Штампованные щеткодержатели обычно выходят из строя из-за отламывания обоймы, в которой находится щетка. Их не ремонтируют, а заменяют новыми. У клепаных конструкций при ремонте ослабленные заклепки подтягивают или заменяют новыми. Изношенные обоймы заменяют запасными, приклепывая их к держателям.

Наиболее широкое распространение получили литые щеткодержатели. Они отличаются высокой износоустойчивостью и редко выходят из строя. Изношенные окна литых щеткодержателей ремонтируют наплавкой слоя латуни на поверхности с последующей механической обработкой. Пружины и другие мелкие детали щеткодержателей при ремонте заменяют новыми. Пальцы и бракеты повреждаются сравнительно редко, как правило, в результате случайных ударов.

Нажатие пружин на щетку до установки щеткодержателей в машину проверяют с помощью специального приспособления, которое состоит из пружинных весов *2* (рис. 64), снабженных тарировочной площадкой *14*. На тарировочную площадку устанавливают основание *13*, а на него – вкладыш *3*, выполненный по размерам щетки, или щетку. На основании весов установлена стойка *10* с зубчатой рейкой *6*, которая может перемещаться в вертикальном направлении при вращении шестерни *7* за рукоятку *8*. Щеткодержатель *12* устанавливают на ползун *11* и закрепляют на рейке поворотом рукоятки эксцентрика *9*, перемещая стойку так, чтобы наконечник амортизационной пружины *4* попал в гнездо вкладыша. Затем перемещают стойку вниз до соприкосновения щеткодержателя

с основанием и поворотом шестерни в противоположную сторону устанавливают зазор *h* между щеткодержателем и основанием. В этом положении по шкале весов отсчитывают нажатие пружины *5* на щетку. Для расширения пределов измерения используют разновесы *1*.

§ 29. РЕМОНТ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ВЫВОДНЫХ УСТРОЙСТВ

Одним из важнейших условий, определяющих надежность электроустановок, является качество выполнения электрических контактов. Поверхности соприкосновения двух проводников, образующих электрический контакт, не бывают идеально ровными. Касание их происходит в отдельных площадках. Поэтому в месте перехода тока из одного проводника в другой возникает переходное сопротивление, которое зависит от физических свойств соприкасающихся материалов, состояния их поверхностей (загрязнения, наличие оксидов), силы сжатия проводников, температуры и др. При увеличении сжатия проводников микронеровности сминаются, при этом увеличиваются число соприкасающихся поверхностей и их площадь. Это приводит к уменьшению переходного сопротивления.

Под воздействием окружающей среды поверхность металла покрывается оксидной пленкой, плохо проводящей ток. Медные контакты обычно покрывают оловом, пленка на котором легко разрушается при сжатии контакта.

Поверхность алюминия после зачистки в течение нескольких секунд пребывания на воздухе покрывается тонкой оксидной пленкой, твердой и тугоплавкой, с большим удельным электрическим сопротивлением. Температура плавления алюминия составляет 565 – 578 °С, а его оксидной пленки – около 2000 °С. Зачистку контактных поверхностей алюминиевых сплавов производят наждачной шкуркой или металлической щеткой под тонким слоем кварце-вазелиновой или цинко-вазелиновой пасты. Кварцевый песок и цинк при зачистке разрушают оксидную пленку, а вазелин предохраняет контактные поверхности от повторного окисления.

Надежную контактную поверхность на многопроволочных жилах создают оконцеванием их кабельными наконечниками. На медных многопроволочных проводах сечением до 2,5 мм^2 разрешается при оконцевании вместо наконечника оформлять жилы в кольцо с последующей его пропайкой.

Контактные соединения являются ослабленным местом в электрической цепи. Поэтому разъемные соединения, выпол-

няемые с помощью болтов, винтов и гаек, по возможности заменяют паяными, сварными или опрессованными.

Затяжку болтов, винтов и гаек ответственных контактных соединений производят ключами с регулируемым крутящим моментом. Нормальное контактное давление устанавливается с таким расчетом, чтобы было обеспечено наиболее низкое переходное сопротивление без пластических деформаций крепежных деталей, наконечников и шин.

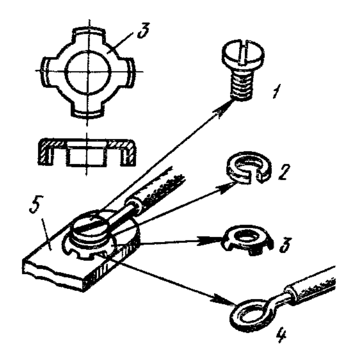


Рис. 65. Присоединение алюминиевой жилы к зажиму

Контактные поверхности перед монтажом очищают от оксидов и загрязнений. От коррозии их защищают, смазывая нейтральным жиром. Крепежные детали (болты, гайки, шайбы, пружины) применяют с защитным цинковым или кадмиевым покрытием.

Однопроволочные алюминиевые жилы *4* (рис. 65) сечением до 10 мм^2 присоединяют к контактным выводам *5* электрооборудования, используя пружинные шайбы *2* и шайбы-звездочки *3* с отогнутыми на 90° лучами. Пружинная шайба обеспечивает постоянное давление на подсоединяемый конец провода, шайба-звездочка не позволяет ему разгибаться при затяжке винта *1*. Для присоединения к зажиму с конца провода снимают изоляцию, жилу зачищают до металлического блеска, смазывают тонким слоем пасты и сгибают в кольцо. На винт сначала надевается пружинная, а затем защитная шайба-звездочка и кольцо провода. Винт завинчивают в резьбовое отверстие контактной пластины. Пластина должна быть облужена припоем ПОС 40. При сечениях выше 10 мм^2 жилу оконцовывают кабельным наконечником.

Выводы от обмоток в электрических машинах мощностью до 100 кВт выполняют обычно гибким изолированным проводом *12* (рис. 66, *а*). К проводу припаивают наконечник. В микромашинах, где для наконечников не хватает места, жилу гибкого провода изгибают в виде кольца *4*, которое надевают на зажим *6* изоляционной колодки *3* и закрепляют гайкой *10* с шайбой *5*. Под гайку устанавливают контровочную пружинную шайбу *11*. Колодку крепят на корпусе *1* шпилькой *8* с гайкой и закрывают крышкой *9*, которую притягивают к колодке

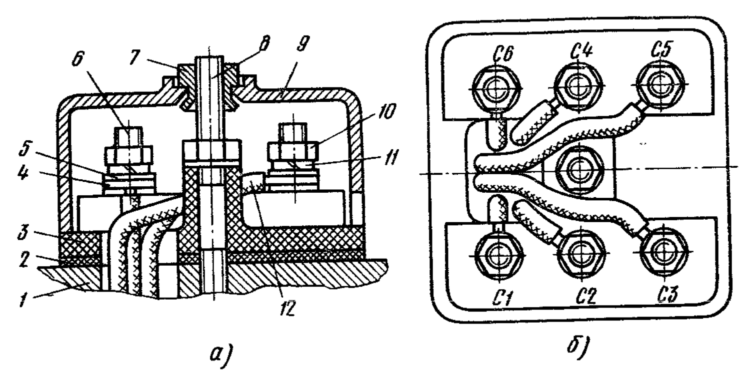


Рис. 66. Коробка выводов микромашины:
а – продольный разрез, *б* – вид сверху (без крышки)

гайкой 7. Между корпусом и колодкой устанавливают уплотняющую прокладку 2. На колодку наносят обозначения выводов обмоток (рис. 66,*б*).

В некоторых машинах колодка зажимов не предусматривается, выводы выполняют гибкими изолированными проводами с наконечниками, маркировку наносят на обжимах, надеваемых на провода. При эксплуатации обжимы могут быть утеряны, поэтому при осмотрах и ремонтах надо следить за их плотным закреплением на выводах.

В высоковольтных машинах кабельный наконечник 3 (рис. 67), припаянный к гибкому выводу 5 от обмотки, устанавливают на зажиме 4, закрепленном на фарфоровом изоляторе 2, который крепится к дну коробки выводов 1. Изолятор делают с кольцевыми выступами, которые увеличивают длину пути поверхностного разряда от зажима до корпуса. Наружную поверхность изолятора глазируют, благодаря чему его поверхностное сопротивление сохраняется достаточно высоким даже при осаждении на нем влаги. В нижней части коробки располагают муфту, в которой размещают разделанную часть кабеля, заливаемую изоляционной массой (компаундом).

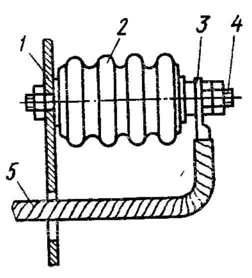


Рис. 67. Установка вывода от высоковольтной обмотки

Выводные устройства двигателей серии 4А имеют несколько исполнений в зависимости от способа ввода питающего кабеля, его вида и сое-

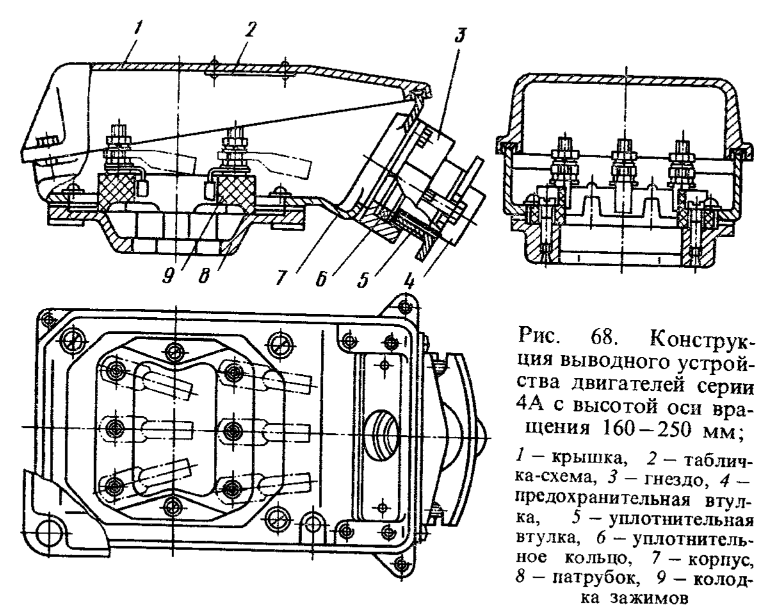


Рис. 68. Конструкция выводного устройства двигателей серии 4А с высотой оси вращения 160–250 мм;

1 – крышка, *2* – табличка-схема, *3* – гнездо, *4* – предохранительная втулка, *5* – уплотнительная втулка, *6* – уплотнительное кольцо, *7* – корпус, *8* – патрубок, *9* – колодка зажимов

динения с выводами статорной обмотки. Они допускают присоединение гибкого металлического рукава и кабелей с медными или алюминиевыми жилами и оболочкой из резины или пластиков. Двигатели мощностью 30 кВт и выше на напряжение 220 В, а также двигатели с высотами оси вращения 50–63 мм допускают присоединение кабелей только с медными жилами. Ввод кабеля предусмотрен через один или два штуцера, а также через удлинитель под сухую разделку или заливку кабельной массой. При высотах оси вращения 50–250 мм выводное устройство располагают на верху двигателя, при больших высотах – сбоку.

Конструкция выводного устройства (рис. 68) допускает его разворот с фиксацией через 90 или 180°, при этом разворачивается только патрубок. Колодка зажимов остается неподвижной вместе с закрепленными на ней выводами статора. Это дает возможность легко осуществить поворот выводного устройства непосредственно при установке двигателя на месте эксплуатации и гарантирует правильность подключения выводов обмотки.

При осмотре машины проверяют колодки зажимов, контактные соединения, изоляторы. Колодки с трещинами, обуглившимися местами, подгоревшими зажимами заменяют новыми. При обнаружении следов перегрева контактных соеди-

нений выясняют причину их ненормального состояния, зачищают контактные поверхности на наконечниках и зажимах, проверяют наличие пружинных шайб и гаек. Отсутствующие и поврежденные детали заменяют новыми. Проверяют качество пайки кабельных наконечников к проводам и целостность жил проводов в месте присоединения наконечников. Одной из причин перегрева контактов может быть слабая их затяжка.

В электрических машинах на напряжение выше 1000 В пробой в коробке выводов на корпус может произойти по увлажненной или загрязненным поверхностям изолятора или выводного провода в месте касания его с корпусом. При ремонте снимают с провода наружный покров из хлопчатобумажной пряжи на длине 150–250 мм, начиная от кабельного наконечника, и заменяют его влагостойкой изоляцией из ленты. Выводные концы обмотки крепят на изоляторе в таком положении, чтобы они не соприкасались с коробкой и корпусом машины. Поверхность изоляторов очищают от загрязнений и протирают сухой ветошью.

У фарфоровых изоляторов при эксплуатации могут появиться сколы ребер и граней, трещины и царапины на глазурованной поверхности. Если поверхность скола не превышает 2 $см^2$, его края зашлифовывают и покрывают бакелитовым лаком. Более крупные сколотые части приклеивают. В машинах, работающих в увлажненной среде, склеивание не допускается, так как поверхность клеевого шва вследствие гигроскопичности становится токопроводящей; изоляторы заменяют новыми. Изоляторы со значительными повреждениями также заменяют новыми.

Контрольные вопросы

1. Как оценивают качество рабочей поверхности коллектора и скользящего контакта?
2. Какие работы выполняют при текущем ремонте коллектора?
3. Как производится обработка рабочей поверхности и продороживание коллектора?
4. В каких случаях необходим капитальный ремонт коллектора и как он производится?
5. Расскажите о неисправностях и ремонте коллекторов на пластмассе.
6. Расскажите об основных неисправностях контактных колец и способах их устранения.
7. Какие неисправности характерны для токосъемного и выводного устройств и как их устраняют?
8. Какими способами обеспечивают надежность электрического контакта?

Глава IV

РЕМОНТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ И ШИХТОВАННЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

§ 30. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Изношенные металлические поверхности восстанавливают газотермическим напылением (металлизацией), автоматической наплавкой под слоем флюса, вибродуговой наплавкой и др.

Металлизация заключается в напылении на поверхность восстанавливаемой детали расплавленного металла с помощью газовой струи. Частицы при ударе сцепляются с поверхностью и друг с другом, образуя на детали слой покрытия. Процесс напыления не вызывает существенного повышения температуры детали, что исключает ее деформацию. Напыляемый металл расплавляется газовым пламенем или электрическим током.

В электродуговом аппарате проволочные электроды *4* (рис. 69, *а*), находящиеся под напряжением, расплавляются электрической дугой в точке их скрещивания на выходе. Жидкий металл распыляется струей воздуха из сопла *5*. Ток к электродам подводится по проводам *3* через направляющие пластины *1*. Электроды прижимаются к пластинам планками *2*. Подача электродов в ручных аппаратах осуществляется воздушной турбиной с центробежным регулятором частоты вращения, которым устанавливается скорость подачи. Ручные аппараты выполняют в виде пистолетов, стационарные закрепляют на стойке.

Рабочее место для нанесения газотермических покрытий оборудуют системой вытяжной вентиляции, обеспечивающей удаление выделяющейся при работе пыли, продуктов сгорания газов и окисления напыляемых материалов. Для металлизации небольших деталей используют кабины, подключаемые к системе отсасывающей вентиляции. Сжатый воздух подается от общезаводской воздушной сети или от отдельного компрессора. Он не должен содержать влаги и масляных загрязнений.

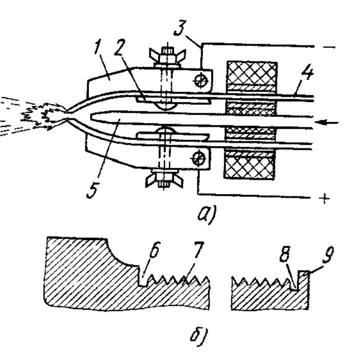


Рис. 69. Устройство распылительной головки (*а*) и подготовка поверхности под напыление (*б*)

Для очистки его пропускают через маслоотделители, устанавливаемые непосредственно у рабочего места или компрессора. Для питания аппаратов необходим постоянный ток. Источниками его служат преобразовательные или выпрямительные установки, применяемые для сварочных работ и обеспечивающие плавную регулировку напряжения, необходимую для стабильного горения дуги.

Валы под напыление подготовляют на токарных станках. На концах шейки протачивают замыкающие канавки *6*, *8* (рис. 69,*б*) шириной 1,5 – 2 мм и глубиной 2 – 2,5 мм для выхода резца при нарезке резьбы. Со стороны торца вала оставляют борт *9* для предохранения напыленного слоя от выкрошивания при ударах. Шейку вала между канавками протачивают для устранения неравномерной выработки, после чего нарезают «рваную» резьбу *7* с шагом 0,75 – 1,25 мм. Ее получают, устанавливая резец ниже оси вращения детали на 4 – 5 мм. Рваная резьба имеет большое число заусенцев и неровностей, благодаря чему обеспечивается хорошее сцепление напыленного слоя с поверхностью детали. Аппарат перемещают вдоль вала при вращении его с частотой 20 – 60 об/мин, за каждый проход напыляется слой толщиной 0,03 – 0,2 мм. Толщина слоя после механической обработки должна быть 0,7 – 1 мм на сторону. Обработку напыленных шеек производят резцами на токарных станках или шлифованием. Припуск на обточку предусматривают 0,5 – 1,5 мм в зависимости от диаметра шейки.

Автоматическую и полуавтоматическую наплавку производят под слоем флюса или в среде защитного газа, которые предохраняют расплавленный металл шва от воздействия воздуха. Флюсы, кроме того, расплавляясь в процессе сварки, улучшают химический состав и механические свойства наплавленного слоя. Флюс представляет собой сыпучее вещество с размерами зерен 0,5 – 3,5 мм. В качестве защитных газов используют двуокись углерода, аргон и гелий.

Автоматическую электродуговую наплавку под флюсом производят на специальной установке, которая обеспечивает вращение детали и подачу проволоки и флюса из бункера в зону сварки.

Вибродуговая наплавка является разновидностью электродуговой сварки и осуществляется электродом, вибрирующим с частотой 20 – 100 Гц. Жидкий металл с электрода переносится мелкими каплями, благодаря чему деталь нагревается меньше, чем при обычной электродуговой наплавке, и меньше деформируется. Вал *1* (рис. 70) закрепляют в центрах токарного

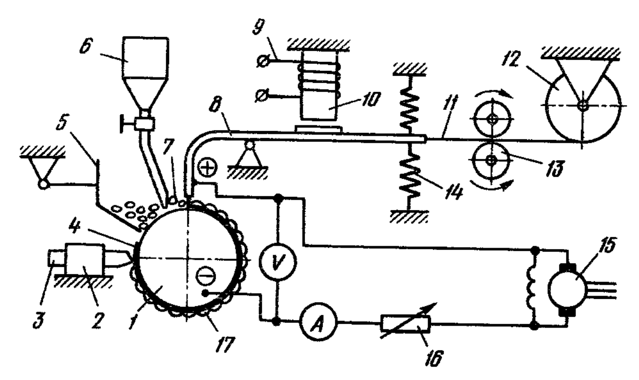


Рис. 70. Схема вибродуговой наплавки

станка. На суппорте устанавливают вибродуговую головку. Электродная проволока *11* подается из кассеты *12* роликовым механизмом *13* через мундштук *8*. Вибрирование электрода осуществляется устройством, состоящим из сердечника *10*, обмотки *9* и пружины *14*. Флюс *7* самотеком подается в зону наплавки из бункера *6* и удерживается на поверхности вала заслонкой *5*. Наплавление слоя *4* осуществляется по винтовой линии с непрерывным удалением шлаковой корки *17* резцом *3*, закрепленным с другой стороны суппорта в держателе *2*. Источником питания сварочной дуги служит преобразователь *15*. Ток регулируется дросселем *16*.

Поверхности, подлежащие наплавке, очищают металлической проволочной щеткой и наждачной бумагой, а затем обезжиривают. Шпоночные пазы и отверстия закрывают медными или графитовыми заглушками или замазывают стержневой смесью.

Посадку подшипников качения на валу восстанавливают также с помощью гальванических покрытий одной из сопрягаемых поверхностей: в микромашинах хромируют шейки валов, у крупных подшипников хромируют или меднят посадочные поверхности. На поверхность наносят слой хрома (или меди) такой толщины, которая обеспечивает требуемый натяг.

Износостойкость посадочных поверхностей повышают методом поверхностного упрочнения. Валы обкатывают на токарных станках, закрепляя в суппорте вместо резца специальное приспособление – шариковую накатку (рис. 71). Шарик *2* с определенным усилием прижимается к детали, сминая при ее вращении микронеровности и повышая чистоту и твердость поверхностного слоя. Для уменьшения трения шарик упирается

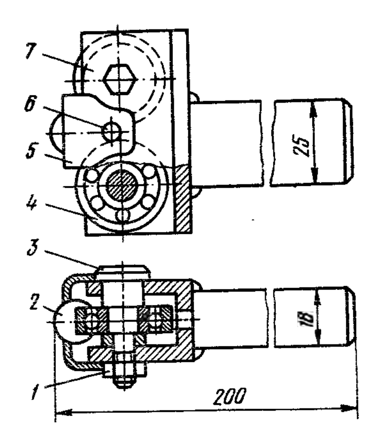


Рис. 71. Шариковая накатка:
1 – гайка, 2 – шарик, 3 – ось, 4 – шарикоподшипник, 5 – обойма, 6 – винт, 7 – корпус

в два шарикоподшипника *4*, закрепленных на осях *3* в корпусе *7*. Шарик удерживается от выпадения обоймой *5*. Продольная подача при обкатке выбирается в пределах от 0,1 до 0,3 мм/об. Диаметр вала после обкатки уменьшается за счет смятия (заглаживания) неровностей.

Поверхностное упрочнение деталей производят дробеструйным наклепом, алмазным выглаживанием и другими методами. При дробеструйном наклепе дробинки под воздействием воздушной струи или лопаток вращающегося ротора с большой скоростью ударяются о деталь, изменяя физические свойства ее поверхности. Алмазное выглаживание осуществляется соприкосновением скругленного алмазного наконечника с вращающейся деталью.

§ 31. РЕМОНТ ВАЛОВ

У валов электрических машин встречаются следующие дефекты: повреждение приводного конца, износ шеек под подшипники, искривление оси, ослабление посадки сердечника, излом.

Неглубокие забоины на торце вала устраняют, снимая слой металла на токарном станке. Если уменьшение длины недопустимо, на торец электросваркой сначала наплавляют слой металла. Наплавку ведут от оси вала по спирали (рис. 72, *а*), чтобы уменьшить влияние термических напряжений. Забоины и вмятины на витках резьбы устраняют плашками или резцом на токарном станке. Сорванную резьбу наплавляют и нарезают заново.

Износ посадочных поверхностей и задиры на них происходят при съеме напрессованных на вал деталей. Износ может появиться также из-за свободной посадки на вал сопрягаемой детали. При небольшом количестве забоин и задиров выступающие места сошлифовывают. Если дефекты превышают 20 % посадочной поверхности, вал ремонтируют, наплавляя металл электросваркой или методом металлизации. При сварке,

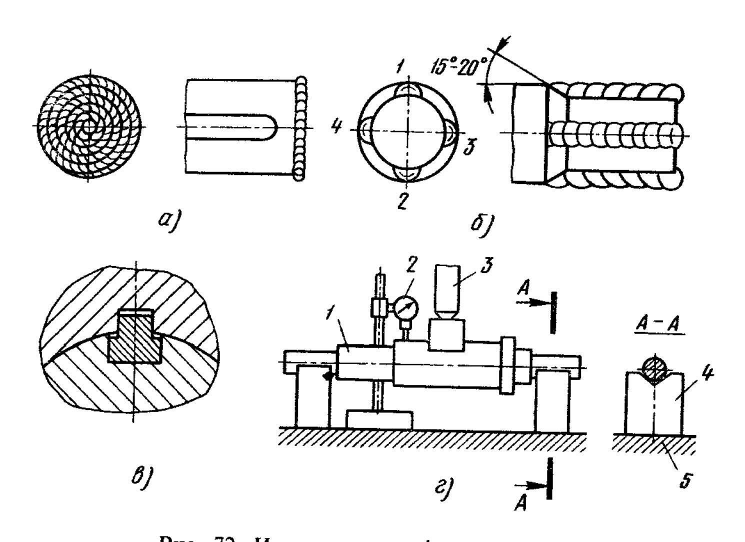


Рис. 72. Исправление дефектов валов:

а — наплавка торца, *б* — наплавка посадочной поверхности, *в* — ремонт шпоночного соединения, *г* — правка вала

если наплавляемая поверхность заканчивается высоким уступом, его стачивают на конус (рис. 72, *б*). Без такой подготовки в месте перехода при сварке возникают значительные термические напряжения, которые могут привести к поломке вала при эксплуатации. Для уменьшения коробления вала наплавляемые валики располагают параллельно оси, и каждый последующий валик *1* и *2*, *3* и *4* накладывают диаметрально противоположно предыдущему. После наварки вал обрабатывают на токарном станке и шлифуют.

Шейки валов изнашиваются при монтаже и демонтаже подшипников, а также при проворачивании внутреннего кольца подшипника на валу. Интенсивный износ с задирами происходит при заклинивании подшипника. На износ большое влияние оказывают шероховатость и твердость поверхности. Шероховатость поверхности характеризуется высотой неровностей R_z и средним арифметическим отклонением профиля R_a. Величина R_a для шеек валов под подшипники качения в соответствии со стандартом должна быть не более 2,5 мкм* для подшипников нулевого класса при внутренних диаметрах подшипников выше

* Соответствует шероховатости поверхности ∇6 по старому обозначению.

80 мм и 1,25 мкм* при диаметрах до 80 мм. Для более высоких классов подшипников высота неровностей должна быть еще меньше. Неровности при монтаже подшипников сминаются, что приводит к ослаблению посадки.

Для шеек валов под подшипники скольжения характерно появление задиров из-за плохой подачи смазки к поверхностям скольжения и попадания в подшипник мелких твердых частиц.

Изношенные поверхности валов восстанавливают металлизацией с последующей механической обработкой. Для валов машин, работающих со значительными знакопеременными и ударными нагрузками, применяют вибродуговую наплавку, которая обеспечивает более прочное сцепление наращиваемого слоя с основным металлом.

В шпоночных соединениях изнашиваются как сами шпонки, так и пазы под них. Наиболее вероятная причина – ослабление посадки охватывающей детали (шкива, муфты) на валу машины. Боковые поверхности шпоночных пазов разрабатываются чаще всего у двигателей, работающих с частыми реверсами.

Изношенные шпонки заменяют новыми, пазы обычно восстанавливают электродуговой сваркой. На боковых стенках наваривают слой металла, затем производят механическую обработку (фрезерование, строжку), выдерживая точные размеры. Иногда ремонт осуществляют без наварки, расширяя и углубляя паз, переходя на больший размер шпонки и дорабатывая паз в ответной детали. Применяя специально изготовленную ступенчатую шпонку (рис. 72,*в*) и прорезая новую шпоночную канавку, паз в ответной детали можно сохранить. Новый паз в валу смещают на четверть окружности относительно старого.

Искривление валов встречается обычно у электродвигателей малой мощности. Валы правят на тихоходном гидравлическом или винтовом прессе после выпрессовки из сердечника или без разборки ротора. Вал *1* (рис. 72,*г*) концами кладут на призмы *4*, установленные на столе *5* пресса, и, поворачивая его вокруг оси, устанавливают с помощью индикатора *2* выпуклостью вверх против штока *3* пресса. Правку производят в несколько приемов, контролируя биение после каждого нажима пресса.

Роторы с ослабленной посадкой сердечника ремонтируют, заменяя изношенный вал новым или восстановленным. Изношенные поверхности вала восстанавливают напылением или накаткой зубчатым роликом на токарном станке. Накатка долж-

---

* Соответствует шероховатости поверхности ∇7 по старому обозначению.

на обеспечить необходимое увеличение диаметра, для этого она должна иметь достаточно большую глубину. Шаг накатки t выбирается в зависимости от диаметра вала. После накатки первоначальный диаметр D (рис. 73) увеличивается на $\Delta = (0{,}25 - 0{,}5)\,t$. После накатки поверхность шлифуют, снимая неровности и выдерживая заданный размер. На вал в процессе накатки передаются значительные радиальные усилия, поэтому недостаточно жесткие валы накатывают с люнетами, которые предохраняют валы от изгиба.

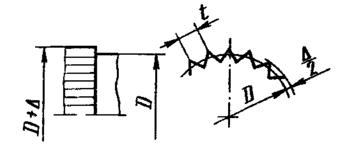


Рис. 73. Прямая накатка на валах

§ 32. РЕМОНТ КОРПУСОВ И ЩИТОВ

Корпуса повреждаются относительно редко. Наиболее распространенный дефект чугунных корпусов (станин) – облом лап из-за ударов при небрежной транспортировке или прижиме к неровному основанию при монтаже машины. Чаще происходит срыв или износ резьбовых отверстий и износ посадочных мест под подшипники качения в щитах. В чугунных щитах возможно также появление трещин.

Повреждения корпусов и щитов в машинах современных серий резко сократились. Это объясняется широким применением сварных конструкций из стального проката, а также повышением культуры обслуживания и ремонта электрических машин. Сокращение номенклатуры деталей (щитов, подшипниковых крышек и т. д.) за счет их унификации в единых сериях делает более целесообразной замену поломанных деталей новыми, запас которых постоянно хранится на ремонтном заводе. Это ускоряет процесс ремонта и повышает качество отремонтированных машин.

Заварку трещин, отверстий, приварку отломанных частей обычно производят электродуговой сваркой. Газовая сварка в основном применяется для заварки трещин в чугунных щитах. Перед заваркой трещин деталь обезжиривают и очищают от ржавчины. На концах трещин засверливают отверстия, чтобы предотвратить дальнейшее их распространение. Разделку под сварку производят с одной или двух сторон в зависимости от толщины стенки.

Качество сварных швов проверяют внешним осмотром, просвечиванием рентгеновскими и гамма-лучами, ультразвуком и др. Наличие трещин в сварных соединениях выявляют при

осмотре с помощью лупы с десятикратным увеличением, по характеру издаваемого звука при остукивании заваренной зоны и др.

Износ гнезда под подшипник происходит при сборке, разборке и проворачивании наружного кольца подшипника из-за недостаточной твердости и гладкости поверхности. Ремонт изношенных гнезд под подшипники качения осуществляют запрессовкой стальной втулки в расточенное отверстие щита, металлизацией или наплавкой слоя металла с помощью электросварки. Втулку с толщиной стенки 3 – 6 мм сажают по прессовой посадке и закрепляют стопорными винтами или клеем. При восстановлении гнезда методом металлизации на его поверхности, как и при восстановлении валов, нарезают рваную резьбу. Электросварка применяется только при ремонте стальных щитов.

Центрирующие поверхности изнашиваются как в щите, так и в корпусе. Восстанавливают посадку обычно на щите металлизацией поверхности. Прибегают также и к наплавке слоя металла электросваркой. При одновременном ремонте посадочных поверхностей гнезда под подшипник и центрирующего замка их механическую обработку производят с одного установа, чтобы выдержать минимальное биение между поверхностями.

Износ и срыв резьбы в крепежных отверстиях довольно часто встречаются в чугунных корпусах и особенно часто в корпусах из алюминиевых сплавов. Износ обычно происходит при многократных сборках и разборках резьбовых соединений, срыв резьбы – при чрезмерно больших моментах затяжки.

В стальных корпусах гнезда с изношенной или сорванной резьбой заваривают электродуговой сваркой, просверливают отверстие и нарезают резьбу того же диаметра. В чугунных и алюминиевых корпусах *1* (рис. 74, *а*) нарезают резьбу большого диаметра и устанавливают футорку *3* с наружной и внутренней резьбой, которую стопорят штифтом *2* или эпоксидным клеем.

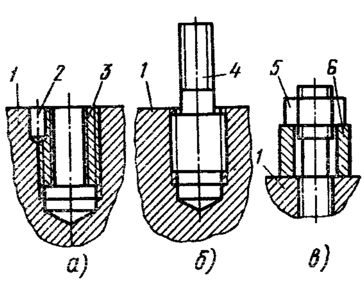


Рис. 74. Восстановление резьбовых соединений установкой футорки (*а*), ступенчатой шпильки (*б*), шпильки на клее (*в*)

Резьбовое соединение со шпилькой можно отремонтировать изготовлением новой шпильки *4* (рис. 74, *б*) с

двумя резьбами разного диаметра. В алюминиевых корпусах целесообразна замена винтов на шпильки с гайками. В этом случае износ соединения при сборке и разборке значительно уменьшается, так как происходит свинчивание двух стальных деталей.

Шпильки стопорят в корпусах клеем. Резьбовые конец шпильки и отверстие в корпусе промывают бензином, просушивают и затем на их поверхности наносят клей. На второй конец шпильки навинчивают гайку *5* (рис. 74, *в*) и устанавливают втулку *6*. Чтобы обеспечить оптимальную толщину слоя клея в соединении (затяжку производят с небольшим моментом, чтобы не выдавить клей), шпильку ввинчивают в резьбовое отверстие корпуса *1* на необходимую глубину и затягивают гайкой. Клеевое соединение сушат при затянутой гайке.

§ 33. УХОД ЗА ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

Подшипники в эксплуатации систематически контролируют внешним осмотром, а также по нагреву, шуму и вибрации.

Повышенный нагрев подшипника может быть вызван его загрязнением, избытком или отсутствием смазки, задеванием вращающихся деталей о неподвижные, а также чрезмерным износом или разрушением подшипника.

Температура подшипников качения для большинства электрических машин не должна быть более 100 °С. Обычно температура подшипника превышает температуру окружающей среды не более чем на 30 °С, а температуру подшипникового щита на 5 – 10 °С. Ненормальный нагрев подшипника обнаруживают сравнением их температур на нескольких однотипных машинах. Температуру в этом случае контролируют рукой, прикладывая ее к поверхности щита или крышки вблизи подшипника.

По характеру шумов и стуков в подшипнике при известном навыке можно определить его состояние. Проверку выполняют светоскопом или длинной отверткой с пластмассовой ручкой. Лезвие отвертки прикладывают возможно ближе к месту установки подшипника, ручку – к уху. В исправном подшипнике слышится легкий равномерный шелест или тонкое жужжание. Свист или резкий звенящий шум происходит при отсутствии смазки или защемлении тел качения. Гремящий шум (частые звонкие стуки) указывает на появление язвин на рабочих поверхностях или попадание в подшипник абразивной пыли. Глухие удары появляются при ослаблении посадки подшипника.

Выброс смазки из подшипника происходит из-за износа недостаточной эффективности уплотняющих устройств или избытка смазки. Своевременное добавление или замена смазки необходимы для нормальной работы подшипника. Смазка уменьшает трение в подшипнике и предохраняет его детали от коррозии. Недостаток или избыток смазки, неправильный выбор ее марки приводят к преждевременному износу подшипника.

Для подшипников качения применяют жидкие смазочные масла и мазеобразные пластичные смазки. Смазочные масла обеспечивают меньший коэффициент трения, лучше проникают к поверхностям трения через узкие зазоры, лучше отводят тепло от подшипника. Однако при жидкой смазке усложняется конструкция уплотнений, смазочная система требует тщательного ухода в эксплуатации.

Пластичные смазки хорошо удерживаются в подшипнике. Заполняя малые зазоры в уплотнениях, они надежно предохраняют подшипники от проникновения в него грязи, пыли и влаги. Эксплуатация машины упрощается, так как не требуется постоянного контроля за системой смазки.

Пластичные смазки получают из смазочных масел путем их загущения. Добавленный в смазку загуститель создает в ней каркас из переплетенных волокон, который придает смазке пластичность и удерживает в ячейках смазочное масло.

В подшипниках электрических машин широко применяют смазку 1-13. Она выдерживает длительную эксплуатационную температуру подшипника +80 °С и ограниченное время +100 °С. Для машин с повышенной температурой подшипников применяют смазку ВНИИ НП-242. Она работоспособна в интервале температур от −35 до +110 °С. В машинах, работающих на открытом воздухе при интервале температур от −45 до +50 °С, применяют смазку ЦИАТИМ-203, которая обладает лучшими, чем смазка 1-13, низкотемпературными свойствами. Широкое применение находит также смазка ЦИАТИМ-202, предназначенная для работы в интервале температур от −50 до +120 °С.

Для подшипников, работающих в интервале температур от −60 до +150 °С, используют кальциевую смазку на кремнийорганической жидкости ЦИАТИМ-221. Смазка ЦИАТИМ-221С, отличающаяся от смазки ЦИАТИМ-221 составом связующего, предназначается для рабочих температур от −60 до +200 °С.

Окончательное решение о применении той или иной марки смазки для конкретных машин принимается после длительной

проверки работы подшипников в эксплуатационных условиях.

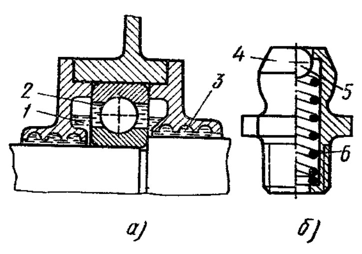


Рис. 75. Размещение смазки в подшипниковой опоре (*а*) и шариковая пресс-масленка (*б*)

В подшипниках качения смазочные функции выполняет лишь тонкая пленка смазки, находящаяся на поверхностях трения. Избыток смазки приводит к нагреву подшипника из-за дополнительных потерь на трение при ее перемешивании. Количество смазки, которое закладывают в подшипник, зависит от его свободного объема, который складывается из пустот в самом подшипнике и подшипниковых крышках и скоростного параметра подшипника. Скоростной параметр равен произведению $d_{ср}n$, где $d_{ср}$ – средний диаметр подшипника (мм), равный полусумме наружного и внутреннего его диаметров, n – частота вращения (об/мин). В быстроходных подшипниках, скоростной параметр которых превышает 100 000, заполняют $\frac{1}{3}$ или самое большее $\frac{1}{2}$ свободного объема, при средних и небольших скоростях – от $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$.

Надежная работа подшипников зависит не только от количества смазки, но и от правильной ее закладки. Смазкой заполняются пустоты *2* (рис. 75, *а*) в самом подшипнике, остальная ее часть должна образовать защитный слой *1*, который предохранит подшипник от загрязнения. Все щели в уплотнениях и жировые канавки должны быть заполнены смазкой *3* при сборке. Это необходимо потому, что смазка в зазорах уплотнений не перемалывается телами качения, имеет меньшую температуру, чем смазка в самом подшипнике, и лучше сохраняет вязкость, обеспечивая надежное уплотнение.

Периодичность замены смазки в подшипнике зависит от многих факторов: скоростного параметра, нагрузки, рабочей температуры подшипника и оговаривается в инструкции по эксплуатации машины. Для пополнения и замены смазки в подшипниках предусматриваются специальные отверстия для ввода свежей смазки и выхода отработанной. В новых конструкциях электрических машин, например в серии 4А, смазка подается через пресс-масленку *7* (см. рис. 6), проходит по горизонтальному отверстию в крышке-капсюле *5* и заполняет полость между крышкой *12* и подшипником. Затем проходит че-

рез подшипник, попадает в промежуток между смазочным диском *6* и левой стенкой капсюля и выходит через отверстие в нижней части капсюля. Смену смазки производят на вращающейся машине и при снятой заслонке *4*, закрывающей входное отверстие. Вращающийся смазочный диск отбрасывает смазку к выходному отверстию, облегчая ей прохождение через подшипник. Подачу смазки надо производить постепенно, так как при большом давлении она может выйти через зазоры в уплотнениях.

Смазка нагнетается шприцем, головка которого закрепляется на масленке. Шариковая пресс-масленка состоит из корпуса *4* (см. рис. 75,*б*), в котором расположен шарик *5*, прижатый пружиной *6* к входному отверстию масленки. Надавливая на шарик, смазка сжимает пружину и проходит через масленку. После смены смазки шарик закрывает входное отверстие.

Подшипники качения снимают с вала при их замене, а также в случаях, когда они мешают демонтажу с вала других частей ротора. При разборке машины шарикоподшипники и внутренние кольца роликоподшипников остаются на валу. Это облегчает демонтаж подшипников. После выемки ротора подшипники промывают бензином и завертывают в промасленную бумагу, чтобы предохранить от загрязнения. Загрязненные подшипники не следует вращать, так как абразивные частицы повредят поверхности дорожек и тел качения.

Подшипники с вала снимают за внутреннее кольцо. При стягивании за наружное кольцо нагрузка передается через тела качения и вызывает появление вмятин на дорожках. Съемник со сменными плитками *3* (рис. 76) позволяет снимать подшипники с различными внутренними диаметрами. Плитка подбирается по диаметру вала, вставляется в плиту *5* и прикрепляется к ней винтами *4*. Плита *5* и планка *1* соединены шпильками *6*. При вращении по часовой стрелке винт *2* упирается в вал и стягивает подшипник.

Демонтаж подшипника иногда затрудняется из-за высокого борта на валу, в который упирается внутреннее кольцо близко расположенного к подшипнику вентилятора или других деталей. В этих случаях для съема подшипника приходится изготовлять специальные приспособления.

Роликовые подшипники, которые представляют собой разборный комплект, при демонтаже маркируют (вешают бирки на отдельные части), так как замена колец и тел качения недопустима. При сборке на подшипниковом заводе кольца и тела качения подбирают по размерам таким образом, чтобы получить подшипник с определенным радиальным зазором. Пере-

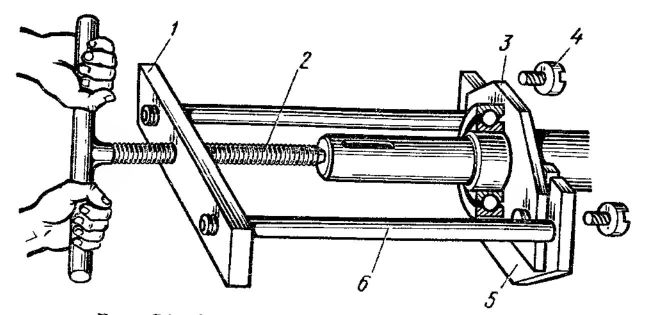


Рис. 76. Съемник со сменными плитками

путывание колец приведет к изменению зазора, от которого зависит нормальная работа машины и долговечность подшипника.

Предварительную оценку состояния неразборных подшипников после снятия с вала можно провести путем контроля качества их вращения. Дефектуемый подшипник сравнивают с эталонным. Подшипник удерживается в горизонтальном положении за внутреннее кольцо, наружное кольцо проворачивают в ту или другую сторону. Причиной тугого вращения может быть загрязнение подшипника или высыхание смазки. Заедание подшипника, т. е. относительно легкое проворачивание, но с остановками в некотором положении, может быть вызвано наличием на рабочих поверхностях местных налетов продуктов разложения смазки, прилипанием посторонних частиц или вмятинами на дорожках и телах качения. Если после промывки и смазки нормальное вращение не восстанавливается, подшипник бракуют. Повышенный шум в подшипниках обнаруживается при быстром вращении его от руки. Он может появиться из-за сильного увеличения радиального зазора или износа сепаратора.

§ 34. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники скольжения средних и крупных машин требуют повседневного контроля температуры нагрева, уровня масла, вибрации и зазора между вкладышем и цапфой. О температуре подшипника обычно судят по температуре масла, которую замеряют термометром, опущенным в масляную камеру стояка; для большинства подшипников она должна быть не более 80 °С. Масло холоднее вкладыша на 5 – 10 °С. В машинах с принудительной смазкой температура масла в месте его вытекания из подшипника не должна превышать 65 °С.

Повышенный нагрев подшипников скольжения чаще всего происходит из-за недостаточной подачи или загрязнения масла, использования масла, не подходящего для данных условий работы, малого зазора между шейкой и вкладышем или плохой пригонки вкладыша.

Недостаточная подача смазки может быть вызвана низким уровнем масла в камере, медленным вращением смазочных колец, сильным сгущением масла. Уровень масла контролируется при неподвижном роторе по отметкам максимального и минимального уровней маслоуказателя. Высокий уровень масла может быть причиной замедленного вращения колец и попадания масла внутрь машины. При осмотре подшипников с кольцевой смазкой открывают крышку и проверяют подачу смазки. Кольцо должно подавать в прорезь непрерывную струю масла.

Медленное вращение колец обычно происходит при их намагничивании, выработке шейки вала в месте их установки, неправильной форме (некруглость или погнутость), наличии заусенцев, неуравновешенности кольца и повышенной вибрации подшипника.

Для смазки подшипников надо всегда применять масло, рекомендованное заводом-изготовителем машины. Вязкость масла должна быть такой, чтобы создать необходимое давление в смазочном слое. При большей частоте вращения давление создается при меньшей вязкости. В подшипниках машин с частыми пусками и реверсами применяют более вязкое масло, чтобы сократить время работы подшипника в режиме полужидкостного трения. Более вязкое масло выбирают также для сильно нагруженных подшипников и при повышенной температуре окружающей среды, учитывая падение вязкости с ростом температуры. Однако применять более вязкое масло, чем необходимо, не следует, так как это вызывает увеличение потерь на трение и дополнительный нагрев подшипника.

Масло при хорошем состоянии подшипника обычно добавляют не чаще 1 раза в месяц. Более частая доливка свидетельствует об утечке, которая опасна как для машины, так и для бетонного фундамента. Масло разрушает изоляцию обмоток и нарушает скользящий контакт, вызывая повышенное искрение щеток. Частой причиной утечки является плохое уплотнение спускной пробки.

Выброс масла внутрь машины может произойти при выработке торцевой поверхности вкладыша маслосбрасывающими кольцевыми буртиками *4* (см. рис. 36) вала. Прижимаясь к торцу и входя в кольцевую выработку, выступ уже не может отбрасывать масло в радиальном направлении. Брызги летят на-

клонно, попадают на вал и по нему в машину. Выработка происходит при смещении ротора в осевом направлении, в результате чего при работе машины возникает сила, втягивающая ротор в статор. Выступание торцов сердечника t_1 и t_2 (рис. 77) и зазоры a с обеих сторон должны быть одинаковыми. Их определяют после пробного пуска машины, когда ротор установится в магнитном поле. Осевой зазор a для новых и отремонтированных машин должен быть примерно 0,6 мм на каждые 1000 мм расстояния между подшипниками. Выброс масла может также происходить из-за загрязнения канавок и отверстий для стока.

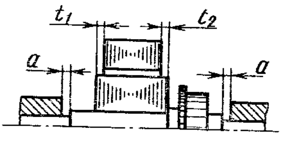


Рис. 77. Осевой разбег ротора в подшипниках скольжения

Загрязнение масла может произойти из-за плохой очистки литой поверхности подшипниковой камеры или в результате попадания в него пыли через уплотнения. В первом случае поверхность камеры очищают стальной проволочной щеткой, промывают керосином и покрывают маслостойкой эмалью. Во втором случае прибегают к установке дополнительных уплотнений, наиболее простым из которых является кожаная шайба, охватывающая вал. Поверх кожаной шайбы устанавливают стальную шайбу, которая прижимает ее к торцу подшипника и валу.

Масло при замене выливают в противень, который ставят под спускное отверстие. Подшипник промывают сначала керосином, затем маслом, чтобы удалить остатки керосина.

В гидродинамических подшипниках при выработке увеличивается зазор, подъемная сила масляного слоя при этом уменьшается. Зазор при разъемных вкладышах определяют с помощью свинцовой проволоки диаметром около 1 мм. Два кусочка проволоки $в_1$ и c_2 кладут на шейку *4* (рис. 78, *а*) вала и четыре b_1, b_2, b_3, b_4 – на плоскость разъема вкладышей. Установив верхнюю половину вкладыша *5* и крышку *3*, равномерно затягивают болты *2*, крепящие крышку к стояку *1*, сминая проволочки. Зазоры (мм) в точке c_1 и c_2 будут соответственно равны

$$\delta_1 = c_1 - 1/2(b_1 + b_2); \quad \delta_2 = c_2 - 1/2(b_3 + b_4),$$

где c_1, c_2, b_1, b_2, b_3, b_4 – толщина сплющенных проволочек, мм. Разница между δ_1 и δ_2 не должна превышать 10%.

Верхние зазоры в подшипниках с разъемными вкладышами и кольцевой смазкой обычно находятся в пределах 0,15–0,25%

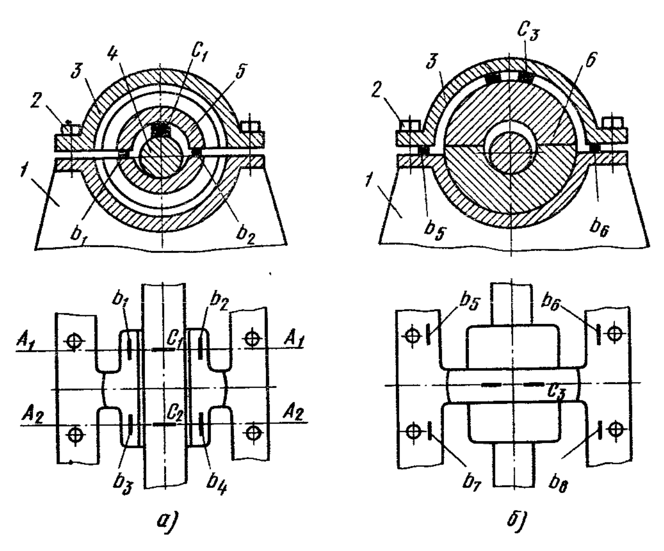


Рис. 78. Измерение верхнего зазора между цапфой и вкладышем (*а*) и между крышкой подшипника и верхним вкладышем (*б*)

от диаметра шейки вала (бо́льшие значения – для быстроходных машин).

Износ подшипников вызывает увеличение силы магнитного притяжения ротора к статору. При этом растут нагрузки на подшипник, что в свою очередь делает износ более интенсивным. Для нормальной работы электрической машины необходимо, чтобы износ не превышал определенной величины.

Зазор по посадочному пояску между верхним вкладышем и крышкой подшипника не должен превышать 0,05 мм. Его определяют, располагая четыре кусочка свинцовой проволоки в плоскости стыка крышки *3* подшипника (рис. 78, *б*) и стояка *1* вблизи стягивающих болтов *2*, два кусочка – на кольцевом пояске верхнего вкладыша *6*. Зазор (мм) подсчитывают по формуле

$$\delta_3 = c_3 - 1/4\,(b_5 + b_6 + b_7 + b_8),$$

где c_3, b_5, b_6, b_7, b_8 – толщина сплющенных проволочек, мм.

Демонтаж подшипников скольжения в отличие от подшипников качения, как правило, не требует каких-либо приспособлений. Подшипники скольжения подлежат ремонту при значительном износе внутренних рабочих поверхностей вкладышей

и торцов, растрескивании, выкрошивании, отслаивании и подплавлении заливки.

Дефекты вкладышей выявляют внешним осмотром и по звуку при простукивании молотком: вкладыш с отслоившимся баббитовым слоем издает дребезжащие и глухие звуки, а вкладыш с хорошо сохранившейся заливкой — чистые и звонкие. Трещины в баббите выявляют погружением вкладыша в керосин на 10—15 мин. После извлечения из ванночки поверхности протирают насухо и покрывают тонким слоем мела, разведенного в воде. Керосин задерживается в трещинах, и поэтому они четко вырисовываются на закрашенных мелом поверхностях после их высыхания.

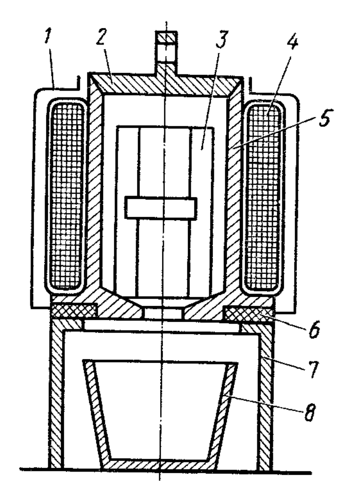


Рис. 79. Индукционный нагреватель для выплавки баббита из вкладышей:

1 — кожух, *2* — крышка, *3* — вкладыш, *4* — катушка, *5* — стальной корпус, *6* — теплоизоляция, *7* — подставка, *8* — форма

Баббитовый слой в подшипниках восстанавливают перезаливкой вкладыша. Небольшие местные повреждения устраняют наплавкой баббита газовой горелкой или электрическим способом и зачисткой напильником и шабером.

Вкладыши заливают ручным (статическим) способом или на центробежной установке. Центробежный способ дает лучшее сцепление сплава с поверхностью вкладыша, улучшает структуру залитого слоя и сокращает расход баббита на 8—10%.

Старую заливку выплавляют из вкладышей в закрытых печах, чтобы уменьшить угар баббита, или в нагревательном устройстве (рис. 79), катушка *4* которого питается переменным током. Переменный магнитный поток нагревает стальной корпус *5* установки вихревыми токами. Вкладыш *3* нагревается теплом, излучаемым стенками корпуса. Расплавленный баббит стекает в форму *8*.

Внутреннюю поверхность вкладыша для лучшего сцепления с баббитом лудят погружением вкладыша в ванну с припоем ПОС 30. Перед лужением поверхность очищают до блеска стальными проволочными щетками и протравливают, погружая на 2—3 мин в 10—15%-ный раствор серной или соляной кислоты.

Перед заливкой разъемные вкладыши стягивают хомутом, который при центробежной заливке должен быть достаточно прочным, чтобы выдержать нагрузку от центробежных сил. В стыках верхнего и нижнего вкладышей устанавливают стальные нелуженые прокладки толщиной 3–5 мм, чтобы оставить припуск на механическую обработку плоскостей стыка.

Подшипники электрических машин обычно заливают баббитами Б16, БН и Б83 (табл. 14). Баббит с бо́льшим содержанием олова Б83 предназначен для подшипников с бо́льшими удельными давлениями и высокой окружной скоростью. Его применяют для крупных машин, а также машин мощностью выше 100 кВт при частоте вращения более 2900 об/мин.

Таблица 14. **Химический состав и основные физические свойства баббитов**

Марка	Химический состав, %					
	олово	сурьма	медь	кадмий	никель	свинец
Б83	Остальное	10–12	5,5–6,5	–	–	–
Б16	15–17	15–17	1,5–2,0	–	–	Остальное
БН	9–11	13–15	1,5–2,0	0,1–0,7	0,1–0,5	Остальное

Марка	Физические свойства			
	Плотность, г/см^3	Температура, °С		
		начала расплавления	плавления	заливки
Б83	7,38	240	370	440–460
Б16	9,29	240	410	480–500
БН	9,55	240	400	480–500

Баббит плавят в металлических тиглях с нагревом газовым пламенем или в электрических печах с индукционным нагревом.

Приспособление для центробежной заливки устанавливают на планшайбе *2* (рис. 80, *а*), навинченной на шпиндель передней бабки *1* токарного станка. Скрепленные хомутом *5* половинки вкладышей *4* устанавливают на сменных фланцах *3* и *6*, позволяющих заливать подшипники разных диаметров. Со стороны задней бабки *9* приспособление поджимается крышкой *7*, вращающейся в подшипниках *11*. Сплав заливают через воронку *8*, трубка которой проходит внутрь вкладыша через отверстие в неподвижном корпусе *10*.

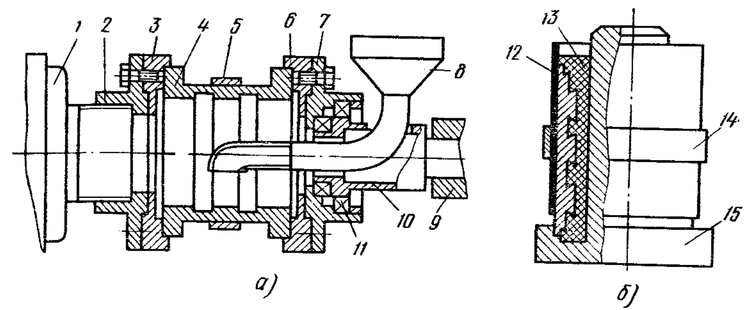


Рис. 80. Приспособление для центробежной заливки (*а*) и форма для ручной заливки (*б*) вкладышей

Установленный на станке вкладыш перед заливкой подогревают газовой горелкой до 250 – 260 °С. Распределение компонентов сплава по толщине заливки зависит от центробежной силы. Примыкающие к валу слои получаются более насыщенными оловом и сурьмой – элементами с меньшей плотностью. Чтобы получить наиболее благоприятное распределение компонентов в толще заливки, частоту вращения n (об/мин) выбирают в зависимости от радиуса R (см) подшипника и плотности сплава γ (г/см^3):

$$n = 5520/\sqrt{\gamma R}.$$

Так, например, при радиусе 100 мм частота вращения при заливке должна быть равна 810 об/мин для сплавов Б16, БН и 920 об/мин – для Б83.

Залитый баббитом подшипник должен вращаться до полного затвердевания сплава. Чтобы получить более благоприятную структуру баббитового слоя и ускорить его остывание, вкладыш охлаждают струей сжатого воздуха сразу после заливки.

Хорошее сцепление баббита со стенками вкладыша получается в том случае, если заливка произведена не позднее чем через 2 – 3 мин после лужения. Заливка холодных подшипников приводит к отслаиванию баббита от стенок вкладыша.

Способ ручной заливки применяют в мелких ремонтных мастерских или для крупных вкладышей, не размещающихся на станке для центробежной заливки. Стянутый кожухом *12* (рис. 80, *б*) и хомутом *14* вкладыш устанавливают в форму *15*. Баббит *13* заливается между вкладышем и центральным стержнем формы.

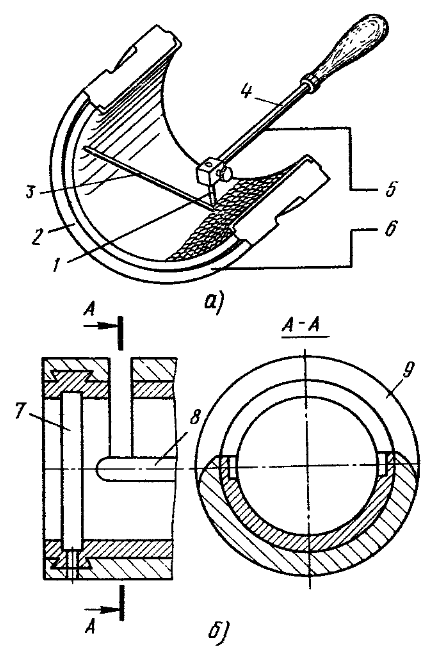


Рис. 81. Наплавка баббита (*а*) и выполнение канавок во вкладыше (*б*)

Заливку при том или другом способе производят специальным ковшом с делениями, чтобы отмерить необходимую порцию расплавленного баббита. Струя при заливке должна быть равномерной и непрерывной. Ковш располагают ближе к воронке или заливаемой щели, чтобы избежать разбрызгивания и меньше охладить сплав в процессе заливки. Заливка с перерывами приводит к образованию слоистости и пленок оксидов.

Местные повреждения заливки у вкладышей – выкрошивание и подплавление небольших участков – устраняют наплавкой баббита. Ремонтируемую поверхность обезжиривают и покрывают тонким слоем флюса, представляющего собой раствор в воде равных частей хлористых алюминия и цинка. Наплавку производят после высыхания флюса прутком баббита соответствующей марки.

При электрическом способе один провод *6* (рис. 81, *а*) от понижающего трансформатора с вторичным напряжением 12 В мощностью 1 – 1,5 кВ·А присоединяют к вкладышу *2*, второй *5* – к держателю *4* с угольным электродом *1*. Прижимая электрод к заливке, расплавляют ее и в образовавшееся углубление добавляют необходимое количество баббита, прикасаясь прутком *3* к поверхности. Способ наплавки применяют также для восстановления изношенной поверхности вкладышей, не прибегая к их перезаливке, которая требует при ремонте крупных подшипников значительных затрат материалов и времени. На изношенную поверхность, передвигая электрод вдоль оси вкладыша, наплавляют валики, плотно примыкающие друг к другу.

После заливки производят расточку вкладышей, подрезку

торцов, прорезку маслораспределительных канавок. Припуск на шабровку оставляют 0,03–0,05 мм на сторону. У неразъемных подшипников сначала делают прорезь *9* (рис. 81,*б*) под смазочное кольцо, закрепляя вкладыш эксцентрично в патроне токарного станка.

Составные вкладыши сначала разрезают по линии разъема тонкой фрезой или ножовкой. Поверхность стыков фрезеруют или строгают, затем пришабривают. Половинки вкладышей стягивают хомутом, устанавливая в стыках с обеих сторон прокладки толщиной, равной верхнему зазору *a*. Подшипник растачивают до диаметра $d_р = d_ш + 2a$ (где $d_ш$ – диаметр цапфы). После удаления прокладок подшипник благодаря этому имеет не только верхний зазор, но и боковые зазоры (по линии разъема), которые способствуют образованию масляного слоя при работе подшипника.

Маслораспределительные продольные канавки *8* шириной 8–12 и глубиной 1,5–2 мм выбирают вручную или на станке. Они не должны доходить до маслособирательных кольцевых канавок 7 на 4–5 мм, чтобы масло по ним не выходило из рабочей зоны подшипника. В нижней части вкладыша в заливке просверливают отверстия для стока масла из кольцевых канавок.

Внутреннюю поверхность вкладыша пришабривают к цапфе. У разъемных подшипников сначала шабрят нижнюю (несущую) половину, затем верхнюю. Цапфу смазывают тонким слоем краски, прижимают к ней половинку и поворачивают ее 2–3 раза. Выступающие места на рабочей поверхности покрываются пятнами краски, которые снимают шабером. Эту операцию повторяют несколько раз. Окончательную доводку производят по следам сухого трения без краски после монтажа машины, когда вкладыши под тяжестью ротора занимают рабочее положение. Цапфу и вкладыш протирают сухой тряпкой, ротор опускают на подшипник и поворачивают 2–3 раза. В местах соприкосновения образуются тонкие блики-потертости, которые осторожно снимают шабером. Пригонка практически считается удовлетворительной, если на дуге 60–120° получаются две-три точки касания на каждом квадратном сантиметре поверхности.

§ 35. РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКОВ

Ремонт сердечников производят после удаления обмотки. Устранение дефектов на обмотанном сердечнике может привести к повреждению изоляции и выходу из строя обмотки при

дальнейшей эксплуатации. К основным неисправностям сердечников относятся: ослабление прессовки, веер зубцов, оплавление отдельных участков стали, нарушение изоляции между листами.

Различают местный ремонт сердечника, при котором дефекты устраняют без перешихтовки, и ремонт с перешихтовкой части или всего сердечника (как правило, только в крупных машинах). Перешихтовка сердечников малых машин в большинстве случаев экономически нецелесообразна и производится очень редко.

Местный ремонт заключается в восстановлении ослабленной прессовки, устранении дефектов на торцах сердечника и в местах оплавления. В машинах мощностью до 100 кВт обычно устраняют лишь незначительные дефекты, которые обнаруживаются после выемки обмотки.

Сердечник должен быть спрессован так плотно, чтобы сила трения между листами исключала возможность даже незначительного их перемещения относительно друг друга. Плотность прессовки проверяют в зубцах и доступных местах спинки сердечника контрольным ножом (рис. 82, *а*), который вдвигают между листами сердечника. Если при сильном нажатии на рукоятку ножа его лезвие входит не более чем на 2–3 мм, плотность прессовки считается удовлетворительной. Нож с индикатором *2* (рис. 82, *б*), установленным между лезвием *3* и рукояткой *1*, позволяет контролировать нажатие.

В некоторых случаях применяют способ контроля с помощью тензометрических устройств, действие которых основано на изменении сопротивления тонкой проволоки при ее растяжении. Проволоку наклеивают на упругую пластинку, которую встраивают в щуп. Щуп забивают молотком между листами, при этом он деформируется. О деформации судят по изменению сопротивления проволоки, которое измеряется высокочувствительным прибором. Каждый щуп тарируют под прессом, определяя показания прибора при известных деформациях.

При ослабленной прессовке на поверхности сердечника появляются ржавые пятна в результате контактной коррозии, которая вызывается перемещением листов стали друг относительно друга. В работающей машине при ослабленной прессовке возникает специфический шум, а иногда и вибрация, которая особенно опасна в зубцовой зоне, так как может вызвать истирание пазовой изоляции обмотки.

Ослабление прессовки наиболее часто наблюдается в зубцах. Если дефект носит местный характер, его можно устра-

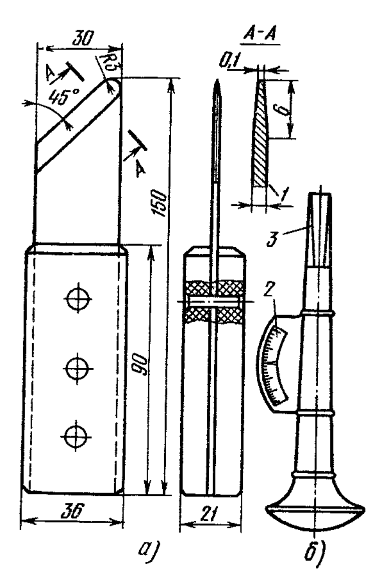


Рис. 82. Контрольные ножи:
а – без индикатора, *б* – с индикатором

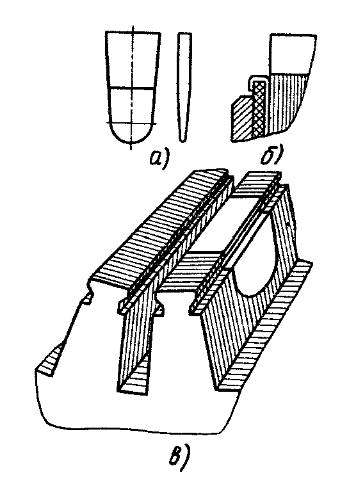


Рис. 83. Устранение местных дефектов сердечников:
а – клин, *б* – установка клина, *в* – установка заполнителя

нить с помощью текстолитовых или гетинаксовых клиньев (рис. 83,*а*) толщиной 2–3 мм, ширина и высота которых должна соответствовать размерам зубца. Клинья промазывают клеем и забивают между листами в зубцы. Они могут быть установлены также между листами и нажимной шайбой (рис. 83,*б*). Чтобы клинья не выпадали, их заглубляют ниже поверхности листов, а листы отгибают.

После установки клиньев поверхность сердечника в местах ремонта покрывают изоляционным лаком. Сохранность покрытия проверяют при последующих ремонтах. Целостность пленки свидетельствует об отсутствии на отремонтированных участках контактной коррозии. Если на отлакированной поверхности появляются следы коррозии, производят дополнительное уплотнение зубцов сердечника. Для устранения распушения на торцах сердечника применяют склеивание крайних листов лаками воздушной сушки. Промежутки между ними промазывают кистью, сердечник в зоне зубцов стягивают и просушивают. Склеивание обеспечивает высокую монолитность, так как соединяет зубцы по всей поверхности.

Пробой изоляции на корпус или между фазами обмотки при работе машины сопровождается появлением электрической дуги с высокой температурой, которая в пазовой части может расплавить листы сердечника. Оплавленный участок при ремонте вырубают на такую глубину, чтобы не осталось сплавленных между собой листов. Поверхность вырубленной зоны защищают острым шабером или шлифовальным камнем, ликвидируя замыкания между листами. Межлистовая изоляция под воздействием высокой температуры нарушается ниже зоны оплавления. Ее восстанавливают. Листы раздвигают ножом, между ними заливают лак БТ-99 и закладывают пластинки слюды толщиной 0,05–0,07 мм на глубину не менее 10–15 мм. Отремонтированный участок покрывают лаком. Если поврежденная зона находится в пазу, ее дополнительно заполняют полосками изоляции и специальной замазкой заподлицо с дном и стенками паза, чтобы создать опорную поверхность для обмотки.

В случае повреждения зубца на значительной длине в вырубленную его часть устанавливают заполнитель (рис. 83, *в*) из текстолита или гетинакса, который тщательно подгоняют по месту и устанавливают на клее. В верхней его части пропиливают углубления под пазовые клинья, которые обеспечивают дополнительное крепление заполнителя. Такой ремонт производят при восстановлении сердечников крупных машин. В машинах мощностью до 100 кВт обычно ограничиваются зачисткой оплавленных мест, сердечники со значительными повреждениями не ремонтируют.

При ослаблении прессовки всего сердечника дефект нельзя устранить забивкой клиньев. В этом случае с одной стороны снимают нажимную шайбу, подкладывают под нее электрокартон или асбест, вырезанные по форме листа сердечника, после чего шайбу устанавливают на место и сердечник опрессовывают. Статор *3* (рис. 84), листы которого набраны непосредственно в корпус, при таком ремонте устанавливают на деревянные брусья *1*, чтобы был доступ к гайкам *10*, навинченным на стяжные шпильки *8*. Затяжкой гаек *7* опрессовывают сердечник, замеряют высоту, на которую опустилась верхняя нажимная шайба *4*. Затем удаляют шпонки *5*, отвинчивают гайки *7*, снимают шайбу и на сердечник накладывают листы электрокартона или асбеста *9*. Общая толщина листов должна быть равна той высоте, на которую удалось осадить шайбу при опрессовке. Диаметр стяжных шпилек должен быть таким, чтобы обеспечить усилие, необходимое для опрессовки сердечника данных размеров.

Общее ослабление прессовки часто сопровождается смещением отдельных листов сердечника, при котором зубцы частично заходят в пазы. В этом случае сердечник исправляют, прогоняя через пазы оправки, выполненные по размерам паза и имеющие коническую заходную часть. Чтобы получить гладкие стенки, пазы после ремонта сердечника опиливают.

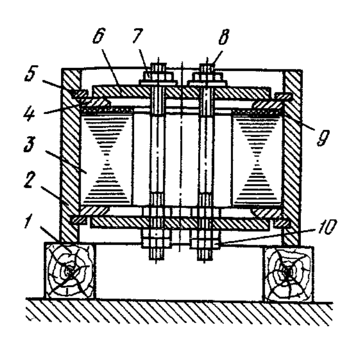


Рис. 84. Ремонт сердечника статора с ослабленной прессовкой:

1 – деревянные брусья, *2* – станина, *3* – статор, *4* – нажимная шайба, *5* – шпонка, *6* – кольцо, *7,10* – гайки, *8* – шпилька, *9* – электрокартон (асбест)

Нарушение межлистовой изоляции сердечника происходит при ее естественном старении в результате длительного срока эксплуатации или при чрезмерном перегреве сердечника. Ремонт таких сердечников требует восстановления изоляции листов, сердечники приходится полностью расшихтовывать и после изолировки листов собирать заново. Стоимость такого ремонта может превысить стоимость нового двигателя. Как правило, перешихтовка и переизолировка для электродвигателей мощностью от 400 до 600 кВт оказывается нецелесообразной. Крупные машины в экономически обоснованных случаях ремонтируют на месте установки. Для этой цели существуют специальные лак-машины, которые могут быть разобраны на части и перевезены к месту ремонта.

Контрольные вопросы

1. Какими способами восстанавливают изношенные поверхности на валах и в щитах?
2. Как восстанавливают резьбу в корпусных деталях и шпоночные соединения?
3. Как обеспечивают надежную работу подшипника в процессе эксплуатации электрнческой машнны? По каким признакам обнаруживают неисправности подшипников качения?
4. Как контролируют работу подшипников скольжения и производят их ремонт?
5. В каких случаях и как производят ремонт шихтованных сердечников электрических машин?

Глава V

СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 36. БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ

Положение оси инерции ротора зависит от распределения его элементов по окружности. Если массы всех сборочных единиц и деталей равномерно распределены, ось инерции совпадает с осью вращения. Такой ротор называется уравновешенным. В большинстве случаев массы распределяются неравномерно, ось инерции смещена относительно оси вращения, появляется дисбаланс, равный произведению неуравновешенной массы на ее эксцентриситет. Такой ротор называется неуравновешенным. В неуравновешенных роторах возникают центробежные силы, пропорциональные дисбалансу и квадрату частоты вращения. Когда сила направлена вверх, давление на подшипник уменьшается, при повороте ротора на 180° сила действует вниз, увеличивая давление на подшипник. Такое периодическое изменение давления на подшипник приводит к вибрации ротора, которая через подшипник передается на корпус и фундамент машины, ухудшает работу скользящего контакта и уменьшает долговечность подшипников.

Неуравновешенные роторы балансируют. Процесс балансировки заключается в совмещении оси инерции ротора с осью вращения снятием металла или установкой балансировочных грузиков в определенных местах по окружности ротора. Особенно тщательно балансируют роторы быстроходных машин.

Неуравновешенность ротора чаще всего складывается из суммы двух неуравновешенностей – статической и динамической. При статической неуравновешенности ось инерции смещена параллельно оси вращения. В этом случае при вращении возникает центробежная сила P (рис. 85, *а*). При динамической неуравновешенности ось инерции перекошена относительно оси вращения, каждая из половин ротора оказывается неуравновешенной, возникает пара сил P (рис. 85, *б*) с плечом l.

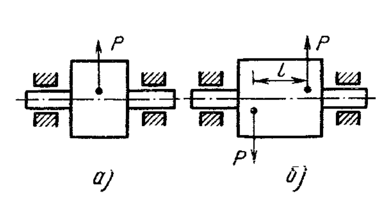


Рис. 85. Виды неуравновешенностей:

а – статическая, *б* – динамическая

Различают два способа балансировки: статический и динамический. Первый способ применяют для тихоходных машин при малой длине ротора; сня-

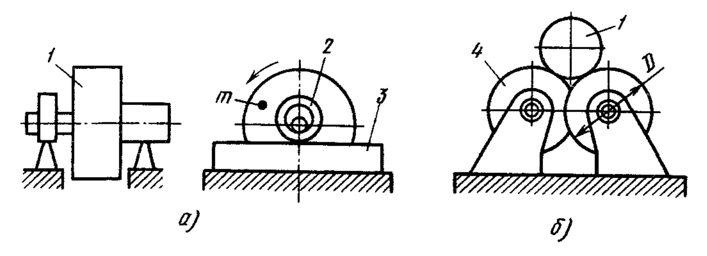


Рис. 86. Статическая балансировка:
а – на призмах, *б* – на вращающихся опорах

тие металла или установку грузиков производят на одном торце ротора. При втором способе каждую половину ротора балансируют отдельно.

Ротор *1* (рис. 86, *а*) при статической балансировке кладут концами вала на параллельные горизонтальные линейки – призмы *3*, установленные по уровню. Отклонение от горизонтального уровня не должно превышать 0,02 мм на 1000 мм длины. Ширину рабочей поверхности призм выбирают в зависимости от массы ротора.

Масса ротора, кг . . .	до 3	от 3 до 30	от 30 до 300	от 300 до 2000
Ширина рабочей поверхности, мм . . .	0,3	3	10	30

Если диаметры шеек вала неодинаковы, для выравнивания оси ротора на шейку с меньшим диаметром устанавливают кольцо *2*, толщина которого равна разности радиусов шеек. Более точные результаты дает статическая балансировка на вращающихся опорах (рис. 86, *б*) с подшипниками качения. Диаметр D и длину роликов *4* подбирают в зависимости от массы ротора *1*.

Масса ротора, кг . . .	до 250	от 250 до 1500	от 1500 до 10 000
Диаметр D, мм	100	150	250
Длина ролика, мм . . .	40	70	250

Ротор при статической балансировке вращают на призмах или опорах, устанавливая в разных положениях. Если ось инерции расположена выше оси вала, ротор под действием неуравновешенной массы m (рис. 86, *а*) начинает вращаться и после нескольких колебаний в ту и другую сторону останавливается. Неуравновешенная масса при этом оказывается в нижнем положении. Балансировочный груз прикрепляют в верхней точке ротора. Затем снова устанавливают ротор в разных положе-

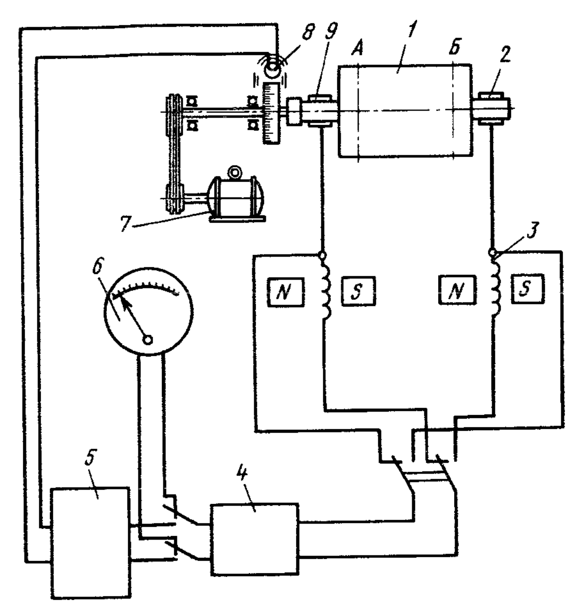


Рис. 87. Схема балансировочного станка

ниях, подбирая такую массу груза, при которой ротор перестает вращаться при любом его положении.

Динамическую балансировку роторов производят на специальных станках, позволяющих определить массу и положение уравновешивающих грузиков в двух плоскостях исправления* *А* и *Б* (рис. 87), расположенных по торцам ротора *1*. Ротор располагают в подпружиненных опорах *2* и *9* станка и приводят во вращение электродвигателем *7*. Вибрации опор, вызываемые неуравновешенностью ротора, передаются катушкам *3*, которые перемещаются в магнитном поле между полюсами *N* и *S*. В катушках возникает эдс, пропорциональная амплитудам вибраций опор.

Напряжение с катушек через усилитель *4* подается к указателю *6* и в цепь стробоскопа *5*. Вспышки лампы *8* стробоскопа освещают шкалу на шпинделе станка. Стробоскоп дает одну мгновенную вспышку за каждый оборот ротора, благодаря чему вращающаяся шкала кажется остановившейся в определен-

* Плоскостями исправления называют плоскости, перпендикулярные оси вращения, в которых удалением или добавлением масс осуществляют компенсацию неуравновешенности ротора.

ном положении. Станок останавливают, ротор поворачивают в положение, которое было замечено по шкале при вращении, устанавливая тем самым место, в котором следует прикрепить контрольный груз: «легкое» и «тяжелое» места расположены в вертикальной плоскости. Снова включают станок. Если груз установлен правильно, показания прибора уменьшаются. Постепенно увеличивая груз, добиваются устранения неуравновешенности. Если показания прибора увеличиваются, груз необходимо перенести на 180°. Сначала производят балансировку в одной плоскости, например в плоскости *А*, подключая к усилителю левую катушку; затем с помощью переключателя подключают вторую катушку, балансируя вторую половину ротора. Роторы крупных машин балансируют в собственных подшипниках при вращении машины без нагрузки. Вибрацию подшипников измеряют виброметрами или стрелочными индикаторами.

Для электрических машин предусмотрены три класса точности уравновешивания: нулевой, первый и второй. Второй класс точности установлен для машин с обычными требованиями по уровню вибрации, первый – для малошумных машин и машин с повышенной точностью вращения (для станков, бытовых приборов и пр.). Нулевой класс необходим для машин с особо высокими требованиями к уровню вибрации; в этих машинах применяют подшипники высоких классов точности, производят балансировку ротора в собранной машине, а в щитах предусматриваются окна для доступа к местам балансировки.

В чертеже ротора указывают плоскости исправления и методы устранения неуравновешенности, а также допустимую остаточную неуравновешенность, так как в процессе балансировки добиться полной уравновешенности ротора практически невозможно.

Балансировку роторов надо производить соблюдая следующие правила безопасности. При статической балансировке на призмах ротор следует размещать в средней части призм и вращать медленно, чтобы при перекатывании не произошло его падения. Длина призм должна быть такой, чтобы ротор мог сделать не менее одного оборота в каждую сторону. Перед установкой ротора на призмы надо убедиться, что длина вала больше расстояния между призмами. Вращающиеся опоры предварительно проверяют на отсутствие заеданий в подшипниках. При динамической балансировке не следует останавливать ротор руками. Балансировочные грузы должны быть тщательно закреплены. Рукава рабочей одежды должны иметь манжеты.

§ 37. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СБОРКЕ

Многие инструменты и приспособления (гаечные ключи, отвертки, приспособления для ввода и вывода роторов) используют как при разборке, так и при сборке электрических машин. Однако при сборке применяют также и специальные инструменты и приспособления.

Передаточные детали (шкивы, полумуфты, шестерни) насаживают при сборке на вал машины таким образом, чтобы усилие не передавалось на подшипники. Для этого используют приспособление, состоящее из двух швеллеров *3* и *5* (рис. 88), скрепленных шпильками *4*. Крышку подшипника со стороны, противоположной приводу, снимают и торец вала упирают в шкворень *2* швеллера *3*. В другой швеллер вставлена гайка. Вращением винта *1* шкив напрессовывают на приводной конец вала.

Подшипники качения перед посадкой на вал подогревают в масляных ваннах. Установка щита на подшипник также может быть облегчена при его нагреве. Нагреватель представляет собой приспособление с трубчатыми или иной конструкции тепловыделяющими элементами, которое вставляется в отверстие щита *1* (рис. 89). Наиболее удобен нагреватель индукционного типа, состоящий из шихтованной магнитной системы *6*, выполненной из П-образных листов электротехнической стали, прикрепленных к кольцу *4*, и катушки *7*, по которой проходит переменный ток. Переменный магнитный поток, возбуждаемый катушкой, замыкается через щит и нагревает его вихревыми токами. Сам индуктор остается сравнительно холодным, так как потери в шихтованной магнитной системе невелики. Питающий кабель *2* соединяется с выводами катушки в коробке зажимов *3*. Ручки *5* служат для переноски нагревателя. Щит нагревается до 120–130 °С за несколько минут. Для автоматиче-

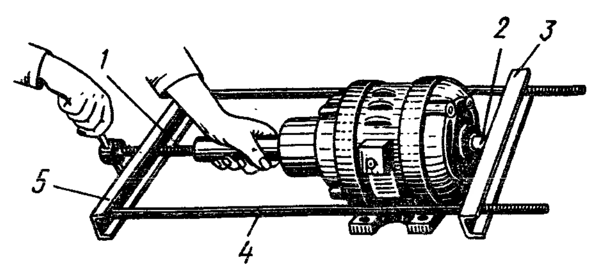


Рис. 88. Насадка шкива на вал

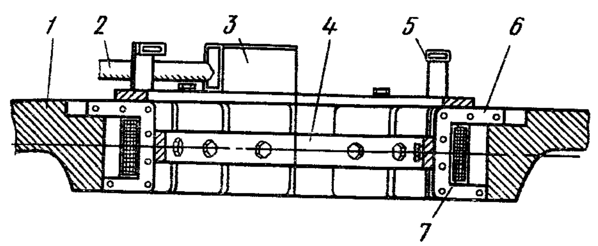


Рис. 89. Индукционный нагреватель для щита

ского отключения нагревателя в его электрической схеме предусматривают реле времени, выдержку которого подбирают опытным путем.

Резьбовые соединения затягивают с усилием, обеспечивающим плотный стык сопрягаемых деталей. Слабо прижатые детали при вибрациях будут перемещаться друг относительно друга, чрезмерное усилие затяжки может привести к срыву резьбы. Для контроля момента затяжки $M_з = P_{кл}L$ в ответственных соединениях применяют динамометрические (рис. 90, *а*) и предельные (тарированные) ключи. В динамометрических ключах момент измеряется с помощью упругих элементов, например стержня *5*, который изгибается при приложении усилия $P_{кл}$ к рукоятке *4*. Шкала *3*, закрепленная на стержне, перемещаясь вместе с ним относительно стрелки *2*, позволяет определить момент, приложенный к головке *1* ключа. Предельные ключи снабжают устройством, расцепляющим рукоятку и головку при заданном моменте.

Момент затяжки выбирается в зависимости от диаметра резьбы и материала крепежных деталей.

Диаметр резьбы, мм	3	4	5	6	8	10	12	14
Момент затяжки для болтов из стали 45, Н·м	0,38	0,9	1,95	3,4	6,4	17,1	25	51

Чтобы не произошло отвинчивания крепежных деталей в процессе работы, их контрят.

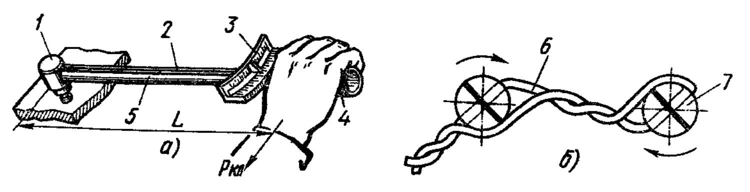


Рис. 90. Динамометрический ключ (*а*) и стопорение проволокой (*б*)

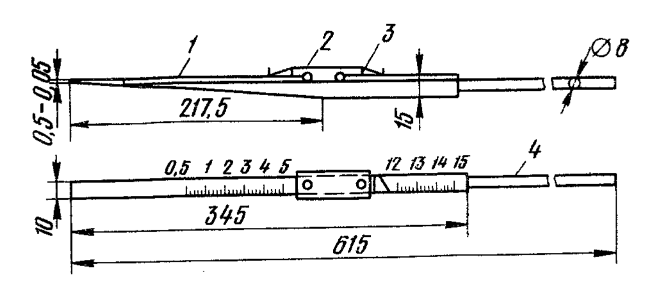


Рис. 91. Клииовой щуп для измерения зазора

Дли стопорения винтов часто применяют мягкую проволоку 6 (рис. 90, *б*), проходящую через отверстия в головках 7. Натяжение проволоки при обвязке должно создавать крутящий момент в направлении затяжки винтов: для правой резьбы — по часовой стрелке, для левой — против.

Воздушные зазоры в электрических машинах контролируют наборами щупов из пластин толщиной 0,1 – 3 мм, шириной 6 – 13 и длиной 350 – 600 мм. Клиновыми щупами (рис. 91) измеряют зазоры от 0,5 до 12 мм с точностью 0,1 мм. На стержне *4* щупа укреплен клин *1*, на котором нанесена шкала с ценой деления 0,1 мм и установлен движок *2* с указателем *3*. Клин вводят в воздушный зазор до упора, движок подводят к торцу сердечника. При этом указатель покажет на шкале измеряемый зазор.

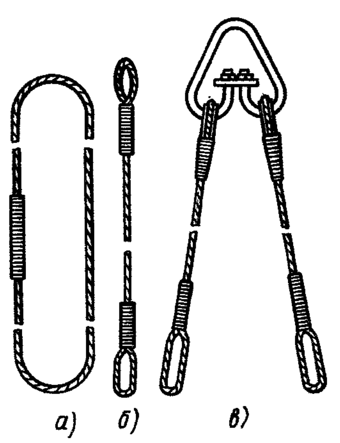


Рис. 92. Стропы из стальных канатов:

а — универсальный, *б* — облегченный, *в* — двухветвевой

Подъем и подвеску грузов осуществляют стропами из пеньковых или стальных канатов. Стропы должны легко надеваться на крючок, сниматься с него и освобождаться от груза. Пеньковые стропы применяют для легких грузов массой до 0,2 т.

Универсальный стальной строп (рис. 92, *а*) имеет форму замкнутого кольца, полученного сплетением концов троса. Облегченный строп (рис. 92, *б*) делают с двумя петлями на концах. Применяют также двухветвевые (рис. 92, *в*) и четырехветвевые стропы. Они могут

заканчиваться петлями или крюками для крепления груза.

Допустимая нагрузка на стропы зависит от диаметра каната и схемы строповки (табл. 15). Чем меньше отношение размеров $a:b$, тем более нагруженным оказывается строп. Через каждые 10 дней стропы осматривают с целью определения их пригодности. Выбраковку производят в зависимости от типа каната по определенному числу оборванных проволок.

Таблица 15. **Диаметр стального каната (мм) стропов в зависимости от массы груза и схемы строповки**

Масса груза, т	Строп				
	из одной ветви	из двух ветвей	из четырех ветвей	из двух ветвей, при отношении $a:b$	
				1 : 1	1 : 1,5
1	15,5	11	11	11	13
2	22	15,5	11	13,5	17,5
3	26	19,5	13	19,5	19,5
5	32,5	24	19,5	24	26

§ 38. СБОРКА ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР

От чистоты подшипника и внутренних полостей опоры зависит надежность его работы. Подшипники поступают на сборку в упаковке, перед монтажом их тщательно промывают. Нельзя применять подшипники, имеющие на рабочих и монтажных поверхностях колец и телах качения коррозию, трещины, сколы, забоины, вмятины и др.

На посадочных поверхностях валов и щитов недопустимо наличие заусенцев, царапин, вмятин. Необработанные поверхности подшипниковых крышек должны быть тщательно очищены от формовочной земли и покрыты маслостойким лаком.

Плавающие опоры проверяют на легкость перемещения в них подшипника в осевом направлении. Он должен передвигаться по всей длине посадочного места от легких ударов по торцу наружного кольца молотком через выколотку.

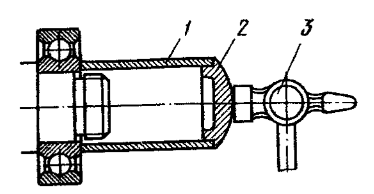


Рис. 93. Насадка подшипника монтажной трубой

Незначительные повреждения на посадочных поверхностях под подшипники устраняют напильником с последующей зачисткой мелкой шлифовальной шкуркой. Пятна коррозии удаляют шкуркой и шлифовальной пастой.

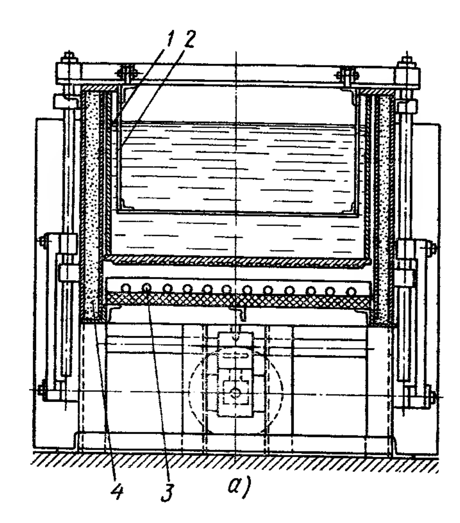
Монтаж подшипников производят с помощью специальных приспособлений. При запрессовке особое внимание обращают на соосность вала и подшипника. Даже незначительные перекосы затрудняют посадку, приводят к образованию задиров на посадочных поверхностях. Посадочные поверхности перед сборкой протирают и смазывают.

Усилие при запрессовке подшипников на вал должно быть приложено к внутреннему кольцу. Шарикоподшипники небольших размеров насаживают монтажной трубой *1* (рис. 93), торец которой должен быть ровным, чтобы обеспечить посадку без перекоса. С противоположной стороны трубы расположена заглушка *2*; ее сферическая поверхность обеспечивает более правильное приложение усилия от молотка *3* вдоль оси вала.

Монтаж некрупных подшипников с небольшим натягом иногда осуществляют с помощью выколотки, которую изготовляют в виде прутка из мягкого материала (медь, латунь, мягкая сталь). Ее прижимают к торцу кольца и равномерными ударами молотка насаживают подшипник на вал. Чтобы избежать перекоса, удары следует наносить в диаметрально противоположных точках кольца. Выколотку часто применяют для подшипников, монтируемых с предварительным подогревом, чтобы окончательно прижать его внутреннее кольцо к опорному буртику вала.

Подшипники нередко повреждаются при монтаже, когда их насаживают на вал со значительным натягом. Чтобы облегчить посадку и большую прочность на валу, их подогревают до 80–90 °С в масляной ванне или индукционным методом с помощью специального аппарата.

Ванна имеет внутренний резервуар *1* (рис. 94, *а*), в котором масло подогревается электронагревателями *3*, уложенными в керамическую плиту. Для уменьшения потерь тепла масляная ванна имеет теплоизоляцию *4*. Подшипники укладывают в решетчатую корзину *2*, подъем и спуск которой осуществляется механизмом, приводимым в действие пневмоцилиндром двустороннего действия, подвешенным к каркасу ванны. Подшип-



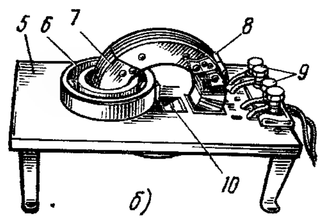


Рис. 94. Масляная ванна (*а*) и индукционный аппарат (*б*) для нагрева подшипников

ники после стекания масла вынимают из корзины проволочным крюком. В резервуаре установлен термометр для контроля за температурой масла, которая должна быть не более 120 °С, чтобы не снизить твердость деталей подшипников.

Масляные ванны имеют существенные недостатки. Трансформаторное масло, которым заполняют ванны, при температуре выше 130 °С может вспыхнуть, неосторожность персонала может привести к пожару. Сами ванны громоздки, подшипники в них нагреваются длительное время и неравномерно: сильнее нагревается та его часть, которая ближе расположена к обогревателю. Нагрев масла требует дополнительного времени и затрат электроэнергии.

Аппарат для индукционного нагрева подшипников качения лишен этих недостатков. Подшипник *6* (рис. 94, *б*) кладут на огнестойкую асбестоцементную плиту *5* аппарата, откинув верхний сектор кольцевого магнитного сердечника *7*, укрепленный на латунном шарнире *8*. На нижней части сердечника расположена первичная обмотка *10* с отпайками на 100, 150 и 200 витков. Для изготовления сердечника аппарата могут быть использованы сердечники сгоревших трансформаторов тока. Концы обмотки выведены на зажимы *9*. Вторичной обмоткой трансформатора служат кольца подшипника, представляющие собой короткозамкнутый виток. Первичная обмотка аппарата подключается к сети переменного тока через стандартный трансформатор на напряжение 380—220/36—12 В мощностью 250 Вт.

Метод индукционного нагрева применим для подшипников качения любых размеров. Аппарат, изображенный на рис. 94, *б*, позволяет нагревать подшипники от № 310 до № 322 (внутренние диаметры подшипников от 50 до 110 мм). Масса аппарата 5 кг. Нагрев подшипников индукционным методом производят примерно в 3 раза быстрее, чем в масляной ванне.

При сборке проверяют осевые зазоры и зазоры в уплотнениях. Если в машине предусмотрена фиксирующая опора, зазоры *а* (см. рис. 31, *а*) между торцами наружных колец и крышками в плавающей опоре должны быть в пределах 3 – 5 мм при размере *l* между опорами до 1000 мм и 5 – 8 мм при размере *l* от 1000 до 3000 мм. При установке подшипников враспор (см. рис. 31, *б*) сумма зазоров выдерживается в пределах 0,4 – 0,5 мм при *l* от 300 до 500 мм и 0,5 – 0,7 мм при *l* от 500 до 1000 мм. Зазор *е* между подшипниковой крышкой и валом (см. рис. 33, *а*, *б*) должен быть в пределах 0,25 – 0,5 мм. Его проверяют щупом.

В машинах с роликовыми подшипниками проверяют осевое смещение колец относительно друг друга. В радиальных роликоподшипниках без бортов на одном из колец смещение должно быть в пределах 0,5 – 1,5 мм.

§ 39. СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Щеточный аппарат, коллекторы, контактные кольца, роторы, главные и добавочные полюса собирают на отдельных участках. Такая организация позволяет повысить производительность труда и качество ремонта за счет специализации и применения современной технологической оснастки и оборудования. Кроме того, продолжительность ремонта сокращается, так как работы ведутся одновременно на разных участках.

Общая сборка машин переменного тока включает: монтаж подшипников, ввод ротора в статор, запрессовку подшипниковых щитов, измерение воздушных зазоров. Ввод ротора осуществляется теми же приспособлениями, которые применяют при разборке. Большого внимания и опыта эта операция требует при сборке крупных машин, так как даже легкое прикосновение массивного ротора может привести к значительному повреждению обмоток и сердечников.

Последовательность сборки и ее трудоемкость в первую очередь определяются сложностью конструкции электрической машины. Наиболее проста сборка асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Вначале подготовляют к сборке ротор, насаживая на вал

шарикоподшипники. Если у подшипниковых опор есть внутренние крышки, сначала их надевают на вал, заполняя уплотнительные канавки смазкой. Подшипники закрепляют на валу стопорным кольцом или гайкой, если это предусмотрено конструкцией машины. Роликовые подшипники разделяются на две части: внутреннее кольцо вместе с роликами насаживают иа вал, наружное устанавливают в щит.

После ввода ротора в статор в подшипники закладывают консистентную смазку, щиты надевают на подшипники и вдвигают в корпус центрирующими поясками, закрепляя болтами. Все болты первоначально ввертывают на несколько ниток, затем, поочередно затягивая их в диаметрально противоположных точках, запрессовывают щит в корпус. После сборки проверяют легкость вращения ротора и производят обкатку на холостом ходу, проверяя подшипники на нагрев и шум. Затем двигатель отправляют на испытательную станцию.

Сборку машин постоянного тока начинают с подготовки якоря, индуктора и подшипниковых щитов.

На якорь напрессовывают вентилятор. На оба конца вала надевают внутренние крышки подшипниковых опор и напрессовывают шарикоподшипники. У роликовых подшипников напрессовывают только внутреннее кольцо. На наружное кольцо подшипника напрессовывают задний щит (щит со стороны, противоположной коллектору). В подшипник закладывают смазку и закрывают его наружной крышкой.

Сборка индуктора включает в себя установку в корпус главных и добавочных полюсов с катушками и выполнение междукатушечных соединений. Полюса сначала запрессовывают в катушки, устанавливая прокладки, рамки, пружины и др. Катушка или рамка, которая в нее упирается, должна выступать над поверхностью затылка полюса, чтобы обеспечить надежный зажим катушек при затяжке болтов крепления полюсов.

Небольшие полюса с катушками сборщик поддерживает при монтаже рукой, тяжелые полюса *2* (рис. 95) сначала закрепляют на приспособлении скобами *3* или другим способом. Приспособление, показанное на рисунке, предназначено для установки полюсов при вертикальном положении корпуса и состоит из круглого основания *1*, центральной штанги *4* для подъема и транспортировки и рычажно-шарнирного механизма, который обеспечивает прижим полюсов после опускания приспособления в корпус под действием собственной массы.

Катушки главных и добавочных полюсов соединяют согласно схеме. В зависимости от класса изоляции места соединений изолируют несколькими слоями лакоткани или стеклолакотка-

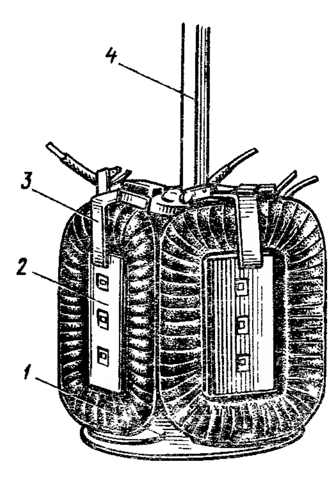


Рис. 95. Приспособление для монтажа полюсов

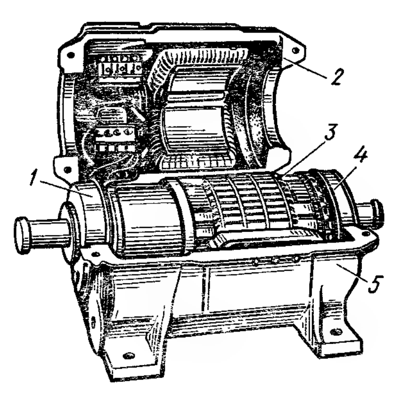


Рис. 96. Машина постоянного тока с разъемным индуктором

ни и поверх защитной лентой. На гибкие выводы в местах прохода их через стенки станины надевают резиновые втулки, предохраняющие изоляцию выводов от повреждения.

Полярность полюсов проверяют в собранном индукторе с помощью ученического пера, подвешенного за середину на нитке. Обмотку подключают к источнику постоянного тока. Перо намагничивают, коснувшись им одного из полюсов. Затем перо перемещают по окружности вблизи полюсов. Около каждого соседнего полюса оно должно поворачиваться на 180°. Вместо пера для проверки полярности может быть использована стальная пластинка подходящих размеров или магнитная стрелка. По ходу вращения в двигателях за главным полюсом следует одноименный добавочный, в генераторах – добавочный другой полярности.

Щит со стороны коллектора подготовляют к сборке, устанавливая в него и соединяя по схеме комплект щеткодержателей.

Общая сборка машин постоянного тока начинается с запрессовки в индуктор переднего (коллекторного) щита. Эта операция выполняется обычно при вертикальном положении индуктора. Щит вставляют сверху и запрессовывают в корпус крепящими болтами. Ввод якоря и запрессовку заднего щита производят при вертикальном или горизонтальном индукторе. При вертикальной сборке якорь со щитом поднимают за рымболт, который навертывают на резьбовой конец вала.

Крановые двигатели постоянного тока для удобства обслу-

живания при массе более 600 кг выполняют с разъемной станиной. Такая конструкция позволяет без полной разборки машины и разъединения ее с механизмом провести профилактический ремонт, очистку якоря, катушек и токосъемного устройства. Сборка при разъемной станине также облегчается: оба подшипника и щиты *1*, *4* (рис. 96) устанавливают на якоре *3*, после чего его опускают в нижнюю половину *5* индуктора и накрывают верхней половиной *2*. Обе половины скрепляют болтами.

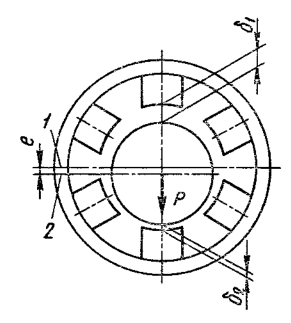


Рис. 97. Появление силы одностороннего магнитного притяжения

В электрических машинах при неравномерном воздушном зазоре появляется сила P (рис. 97) одностороннего магнитного притяжения, которая создает дополнительную нагрузку на подшипники и вызывает прогиб вала. Зазоры δ_1 и δ_2 разной величины получаются при смещении оси ротора *2* относительно оси статора *1*.

Ротор притягивается к каждому из полюсов с силой, пропорциональной квадрату магнитной индукции, которая зависит от сопротивления магнитной цепи. Там, где зазор больше, индукция будет меньше. В результате ротор притягивается сильнее к группе полюсов, под которыми воздушный зазор меньше.

Если ротор смещен вниз, как показано на рисунке, сила P будет направлена также вниз и пропорциональна эксцентриситету e.

Смещение ротора особенно сильно влияет на величину P в асинхронных двигателях, где мал воздушный зазор. По мере износа подшипников, если сила P направлена вниз, она возрастает.

Равномерность воздушного зазора в электрических машинах достигается за счет получения при механической обработке минимальных биений наружной поверхности сердечника ротора относительно шеек вала под подшипники, отверстий в щитах под подшипники и внутренней поверхности статора (полюсов) относительно их центрирующих поясков (замков). Сопряжение корпуса со щитами осуществляется обычно кольцевым выступом на одной из деталей и выточкой, в которую входит выступ, — на другой.

§ 40. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСЛЕ РЕМОНТА

Контроль качества выходящих из ремонта машин во многом определяет их надежность при дальнейшей эксплуатации. В настоящее время объем послеремонтных испытаний максимально приближен к требованиям стандарта на новые электрические машины.

Установлены два вида испытаний после капитального ремонта: приемо-сдаточный и типовой. Машины, отремонтированные без изменения мощности или частоты вращения, проходят приемо-сдаточные испытания; если изменяется хотя бы один из этих параметров, машина должна пройти типовые испытания.

Приемо-сдаточные испытания включают следующую обязательную программу для всех типов машин (постоянного тока, синхронных и асинхронных): измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками; измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии; испытание изоляции относительно корпуса и между обмотками и междувитковой изоляции обмоток переменного тока на электрическую прочность.

У машин постоянного тока при приемо-сдаточных испытаниях, кроме того, проверяют механическую прочность при повышенной частоте вращения, определяют ток возбуждения, проверяют номинальные данные, коммутацию. Синхронные машины также проходят проверку при повышенной частоте вращения, у них снимают характеристику холостого хода и определяют ток короткого замыкания. У асинхронных машин определяют коэффициент трансформации, ток, потери холостого хода и короткого замыкания.

Типовые испытания после ремонта проводят только тогда, когда изменение паспортных данных может вызвать изменение характеристик машины. Если у асинхронного двигателя изменено номинальное напряжение (например, с 380 на 660 В), никаких дополнительных испытаний сверх приемо-сдаточных не требуется.

В программу типовых испытаний включают дополнительно проверку тех параметров, которые могут измениться. Так, например, у асинхронного двигателя при увеличении частоты вращения (уменьшении числа полюсов) необходимо провести испытание при повышенной частоте вращения, испытание на нагревание, определение максимального M_{max} и минимального M_{min} вращающих моментов (рис. 98), определение начального

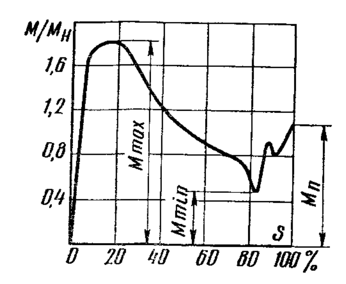


Рис. 98. Типовая характеристика вращающего момента асинхронного двигателя

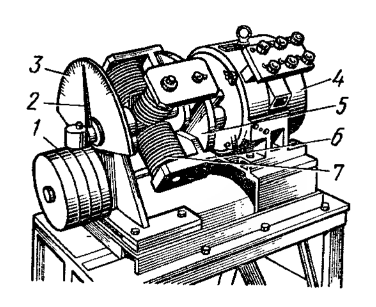


Рис. 99. Электромагнитный тормоз для испытания электродвигателей под нагрузкой

пускового вращающего момента (для двигателей с короткозамкнутым ротором) и т. д.

Начальным пусковым моментом M_n называется вращающий момент, развиваемый электродвигателем при неподвижном роторе (скольжение $S = 100\%$). В процессе разгона вращающий момент может уменьшиться. Минимальный вращающий момент $M_{\min}$ является важной характеристикой короткозамкнутого двигателя. Значительное уменьшение момента в процессе пуска может привести к застреванию двигателя на частоте вращения, соответствующей минимальному вращающему моменту.

Испытание электрических машин при повышенной частоте вращения производят для проверки механической прочности вращающихся ее частей. Машина должна выдерживать это испытание в течение 2 мин без повреждений и остаточных деформаций.

В машинах постоянного тока и асинхронных двигателях с фазовым ротором при повышенной частоте вращения может произойти разрыв бандажей. В открытых машинах от разлетающихся обрывков могут пострадать окружающие предметы и персонал, поэтому из опасной зоны на время испытаний люди должны быть удалены.

Наибольшую опасность представляет испытание синхронных машин с явно выраженными полюсами, закрепленными на ободе болтами. Разрыв обода или отрыв полюсов может привести к полному разрушению машины. Испытания таких машин производят в специальных блиндажах или в часы, когда помещение свободно от персонала, не занятого непосредственно данными испытаниями. Тяжелые травмы могут быть также получены в результате разрушения вентиляторов, лопатки ко-

торых имеют небольшую массу, но вылетают с большой скоростью.

Двигатель при испытаниях нагружают обычно с помощью различных тормозов. Электромагнитный тормоз показан на рис. 99. Конец вала испытываемого электродвигателя *4* соединяется эластичной муфтой с валом, на котором насажен массивный стальной диск *5*. Диск охвачен четырьмя полюсами *6* электромагнита с катушками *7*, которые питаются постоянным током. Полюса с катушками посажены на отдельный вал, к концу которого прикреплены противовес *1* и стрелка *2*. Неподвижная шкала *3* проградуирована в Н·м (кгс·м).

Тормозной момент на валу испытываемого двигателя создается за счет взаимодействия вихревых токов во вращающемся диске с магнитным полем полюсов электромагнитов. Под действием тормозного момента вал с полюсами поворачивается, стрелка отклоняется.

Перед испытаниями проверяют качество сборки машин: затяжку винтов, болтов и гаек, свободное вращение ротора, наличие смазки в подшипниках, маркировку выводов обмоток, а также воздушный зазор и его симметрию. В машинах постоянного тока проверяют, кроме того, равномерность расстановки полюсов по окружности корпуса и щеток по окружности коллектора, силу нажатия на щетки. Щетки притирают и после приработки устанавливают в нейтральное положение.

Измерение сопротивления и проверка электрической прочности изоляции относительно корпуса и между обмотками являются важнейшими испытаниями, после которых может быть принято решение о возможности включения машины на рабочее напряжение.

Сопротивления изоляции измеряют мегаомметрами поочередно у каждой обмотки, соединяя остальные обмотки с корпусом машины. Каждую обмотку после испытания разряжают на корпус, чтобы снять остаточное напряжение. Минимально допустимое сопротивление изоляции для электродвигателей переменного тока напряжением до 1000 В должно быть в холодном состоянии не менее 5 МОм.

Мегаомметр предназначен для измерения больших сопротивлений. Его измерительное устройство представляет собой магнитоэлектрический логометр, который состоит из двух скрепленных вместе и сидящих на одной оси со стрелкой катушек. Катушки находятся в неравномерном магнитном поле между полюсами *N* и *S* подковообразного постоянного магнита (рис. 100, *а*). В логометре отсутствует пружина, которая в измерительных приборах других типов создает противодействую-

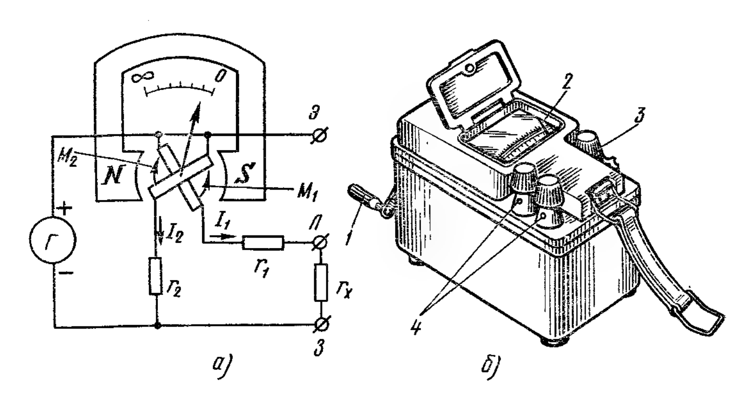


Рис. 100. Схема (*а*) и внешний вид (*б*) мегаомметра

щий момент. Для подвода тока в катушки служат три мягкие серебряные спирали, не создающие механического момента. Когда нет тока в катушках, подвижная система прибора находится в состоянии безразличного равновесия, стрелка останавливается у любого деления шкалы. Катушки питаются от встроенного в мегаомметр генератора *Г* с ручным приводом.

Измеряемое сопротивление r_x присоединяют к зажимам *Л* («Линия») и *З* («Земля»). В цепи катушек находятся постоянные резисторы r_1 и r_2. При вращении рукоятки *1* (рис. 100, *б*) генератора по катушкам проходят токи I_1 и I_2, которые создают вращающие моменты M_1 и M_2, поворачивающие подвижную систему вокруг оси. Моменты направлены навстречу друг другу. Так как магнитное поле неравномерно, моменты при повороте изменяются, а при некотором угле уравновешиваются. Стрелка прибора останавливается на определенном делении шкалы.

Угол поворота подвижной системы логометра зависит от отношения токов I_1 и I_2 и не зависит от их абсолютного значения. Поэтому напряжение, зависящее от частоты вращения рукоятки мегаомметра, в определенных пределах не влияет на показания прибора.

При измерении сопротивления изоляции электрической машины относительно ее корпуса провод от одного из зажимов *Л* или *З* присоединяется к выводу от обмотки, а от другого зажима – к корпусу машины. При измерении сопротивления изоляции между обмотками провода от зажимов *Л* и *З* присоединяют к выводам обмоток, а к зажиму *Э* – корпус машины, чтобы избежать влияния на показания прибора тока утечки.

Рукоятку прибора вращают по часовой стрелке с частотой вращения, близкой к 120 об/мин.

Шкала прибора может быть градуирована в мегаомах и килоомах. Переключение пределов измерения производят поворотом круглой ручки *3* на крышке прибора.

До начала измерений проверяют исправность мегаомметра. Прибор устанавливают в горизонтальное положение, замыкают накоротко провода от его зажимов *4* и вращают ручку привода генератора с частотой вращения 120 об/мин. Затем при разомкнутых проводах вращают генератор с той же частотой. При замыкании стрелка *2* должна остановиться на нуле шкалы, при размыкании – на отметке ∞ (бесконечность). Если при проверке несовпадение стрелки с указанными делениями шкалы превышает ± 1 мм, прибор отправляют на проверку.

Кроме мегаомметров с генератором выпускают также мегаомметры с питанием от сети переменного тока через выпрямители.

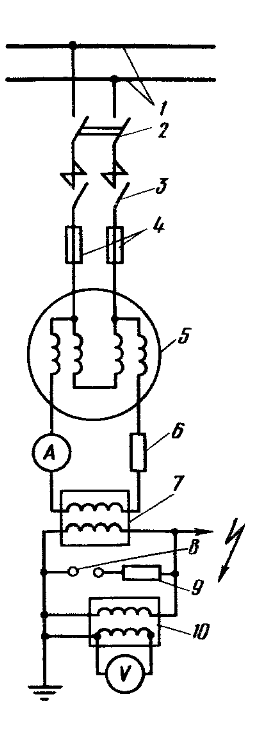
Мегаомметры выпускают на номинальное напряжение холостого хода от 100 до 2500 В. Сопротивление изоляции статорных обмоток машин переменного тока напряжением до 500 В измеряют мегаомметрами на 500 В; для роторных обмоток синхронных электродвигателей с фазным ротором при измерении сопротивления изоляции применяют мегаомметры на напряжение 500 В. Приборы на напряжение 2500 В применяют для измерения сопротивления изоляции генераторов переменного тока напряжением выше 500 В.

При работе с мегаомметром следует помнить, что обмотки, присоединяемые к его зажимам, находятся при вращении генератора под напряжением, которое может быть опасным для жизни. Поэтому нельзя дотрагиваться до них и зажимов прибора. Машина при измерениях должна быть отключена от сети.

Электрическую прочность изоляции проверяют синусоидальным напряжением частоты 50 Гц в течение 1 мин. Для новых или капитально отремонтированных машин мощностью от 1 до 1000 кВт на номинальное напряжение 100 В и выше испытательное напряжение берут равным двукратному номинальному плюс 1000 В, но не менее 1500 В. Испытательное напряжение для обмоток возбуждения синхронных машин назначается в зависимости от режима работы машины. Обмотки фазных роторов асинхронных двигателей испытывают двукратным номинальным напряжением роторной обмотки плюс 1000 В; если двигатель допускает торможение противовключе-

Рис. 101. Схема установки для испытания изоляции повышенным напряжением:

1 – сеть переменного тока, *2* – рубильник, *3* – контактор, *4* – предохранители, *5* – индукционный регулятор напряжения, *6* – защитное сопротивление, *7* – повышающий испытательный трансформатор, *8* – шаровой разрядник, *9* – добавочное сопротивление, *10* – измерительный трансформатор напряжения



нием, испытательное напряжение повышают до четырехкратного плюс 1000 В.

После текущего ремонта электрических машин напряжение для проверки электрической прочности изоляции берут равным 80% напряжения, которым испытывают новые и капитально отремонтированные машины.

Установка для испытания изоляции обмоток повышенным напряжением монтируется в металлическом шкафу, имеющем надежное заземление, или устанавливается внутри ограждения. Одна из возможных схем установки показана на рис. 101. Для изменения напряжения в ней предусмотрен индукционный регулятор *5*, который представляет собой асинхронную машину с фазным ротором и автотрансформаторной связью обмоток статора и ротора. Ротор заторможен и может поворачиваться с помощью червячной передачи, что позволяет производить плавную регулировку напряжения на зажимах регулятора.

В небольших установках вместо индукционного регулятора может быть использован потенциометр или лабораторный автотрансформатор ЛАТР. Защитное сопротивление *6* предохраняет регулятор от перегрузки при пробое проверяемой изоляции. Шаровой разрядник *8* ограничивает напряжение на испытываемой обмотке, предохраняя ее от повышения напряжения сверх заданного. Добавочное сопротивление *9* предохраняет трансформатор *7* от режима короткого замыкания при пробое разрядника.

В целях предохранения людей от попадания под опасное для жизни напряжение установка оборудуется концевыми выключателями, которые срабатывают при закрывании и открывании дверей. Один из них при закрывании двери зажигает

красную лампу, которая предупреждает, что установка включена, второй выключает установку при открывании двери.

Обмотка после отсоединения от установки может находиться под остаточным напряжением, опасным для человека. Поэтому после испытаний ее разряжают на землю в течение 5 мин.

Испытание междувитковой изоляции обмоток производится повышением напряжения на 30% сверх номинального значения в течение 3 мин на холостом ходу машины. При этих испытаниях пробой изоляции может сопровождаться особенно часто в крупных открытых машинах вспышкой с выбрасыванием капель расплавленного металла, от которых могут пострадать окружающие. Персонал при этих испытаниях следует удалять от места расположения машины.

В машинах постоянного тока при испытаниях повышенным напряжением возможно появление кругового огня на коллекторе, который опасен не только разбрызгиванием капель металла, но и ослепляющим действием. Поэтому, даже располагаясь на достаточно безопасном удалении, не следует смотреть на машину, особенно на ее коллектор.

Сопротивление обмоток при постоянном токе измеряют с помощью мостов (одинарных или двойных) или методом амперметра и вольтметра.

Схема одинарного (четырехплечевого) моста постоянного тока, который имеет три известных сопротивления r_1, r_2, r_3 и одно неизвестное измеряемое сопротивление r_x, образующие плечи моста, показана на рис. 102, *а*. Зажимы одной диагонали *АС* присоединены к аккумуляторной батарее *Ак*, а в другую измерительную диагональ *BD* включают гальванометр *G* с нулем

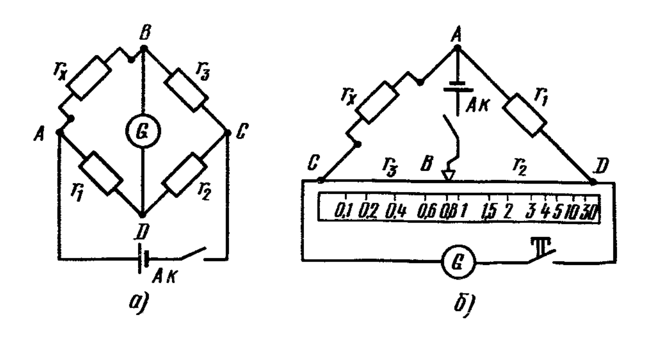


Рис. 102. Схемы одинарных мостов постоянного тока:
а — с плечом сравнения, *б* — линейного

посредине шкалы. Мост устроен таким образом, что одно из сопротивлений r_1, r_2 или r_3 можно изменять.

Измеряемое сопротивление присоединяют к зажимам моста и с помощью переключателей подбирают сопротивление, близкое к расчетному сопротивлению обмотки. После этого нажимом кнопки включают гальванометр. Если стрелка отклонится вправо от среднего положения, надо увеличить сопротивление, при отклонении влево – уменьшить. Подбирают такое положение переключателей регулируемого резистора, при котором стрелка гальванометра при его включении остается на нуле. Это значит, что ток в диагонали *BD* отсутствует.

Искомое сопротивление определяется равенством $r_x = r_1 r_3 / r_2$. Из формулы видно, что измерение сопротивления сводится к регулировке одного (соседнего с измеряемым) плеча r_1, называемого обычно плечом сравнения, при постоянном отношении двух других плеч. По цифрам на дисках переключателей или штырях изменяемого сопротивления r_1 отсчитывают искомое сопротивление.

Существуют также так называемые линейные мосты (рис. 102, *б*), в которых сопротивления $r_2 + r_3$ выполнены в виде реохорда – тонкой калиброванной проволоки *CD* большого удельного сопротивления, натянутой вдоль шкалы. По этой проволоке скользит подвижный контакт *B*, который делит ее на две части с сопротивлениями r_2 и r_3. Шкала, над которой укреплена калиброванная проволока, градуирована в единицах r_3/r_2, что позволяет при равновесии моста находить измеряемое сопротивление r_x умножением показания подвижного контакта на сопротивление r_1. Наиболее достоверные результаты измерений получаются, когда подвижный контакт *B* располагается в средней части реохорда. Для этого сопротивление r_1 делают регулируемым.

Одинарные мосты для измерения сопротивлений менее 1 Ом не применяют, так как в этом случае они дают неточные результаты: к измеряемому сопротивлению прибавляется сопротивление проводов и, что еще хуже, сопротивление их контактов. Двойные (шестиплечевые) мосты лишены этих недостатков. Чтобы получить большую точность, их применяют с зеркальными гальванометрами высокой чувствительности.

Метод амперметра и вольтметра обеспечивает высокую точность измерений при условии применения приборов соответствующего класса. Он основан на использовании закона Ома для участка цепи, являющегося измеряемым сопротивлением r_x, значение которого определяется по известному падению напряжения на нем U_x и току $I_x / r_x = U_x / I_x$. Вольтметр

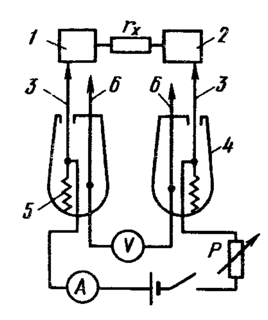


Рис. 103. Схема измерения сопротивлений сдвоенными щупами методом амперметра и вольтметра

должен присоединяться непосредственно к зажимам измеряемого сопротивления. Если для присоединения применяют иглы, они должны быть хорошо заточенными. Следует использовать стальные иглы, так как латунные и медные быстро затупляются и не прокалывают пленку оксида на поверхности металла. Отсчет по приборам должен производиться двумя наблюдателями по команде одного из них.

Сопротивление обмотки якоря машины постоянного тока измеряют специальными щупами, прижимая их к двум пластинам коллектора, удаленным на полюсное деление. Каждый щуп имеет две иглы, одна из которых *6* (рис. 103) жестко связана с изоляционным корпусом – рукояткой *4*, а другая *3* выдвигается спиральной пружиной *5*. К иглам *6* присоединен милливольтметр *V*, а к иглам *3* – цепь питания, состоящая из аккумуляторной батареи, выключателя, амперметра *A* и реостата *P* для ограничения тока.

Двойные иглы щупов предохраняют вольтметр от перенапряжений, которые могут возникнуть при разрывах в цепи тока при неодновременном касании и отрыве игл от пластин. В начале измерения, когда щупы прикладывают к пластинам *1*, *2*, сначала соприкасаются с ними иглы цепи тока, а затем иглы цепи вольтметра. В конце измерения сначала разрывается цепь вольтметра, а потом уже цепь тока.

Электрическое сопротивление проводников зависит от температуры. Расчетные сопротивления обычно в чертежах и обмоточных записках даются для температуры t_p, равной 15 или 20 °С. Замеренное сопротивление (Ом) пересчитывают, чтобы сравнить его с расчетным. Для медного проводника может быть использована формула

$$R_p = R_t 250/(250 + t - t_p),$$

где R_p – значение сопротивления, приведенного к расчетной температуре, Ом; R_t – замеренное сопротивление, Ом; t – температура при замере, °С; t_p – расчетная температура, °С. Для алюминиевого провода в формулу вместо цифры 250 следует подставить цифру 260.

При измерении сопротивления методом амперметра и вольтметра ток проходит по сопротивлению r_x и через вольт-

метр. Когда сопротивление вольтметра превосходит измеряемое более чем в 100 раз, потреблением тока в вольтметре пренебрегают и подсчет r_x (Ом) ведут по формуле $r_x = U/I$. Если сопротивление вольтметра $r_в$ недостаточно велико по сравнению с измеряемым, используют формулу

$$r_x = U/(I - U/r_в),$$

где I – показание амперметра, А.

В трехфазовых обмотках с шестью выводами или при соединении фаз звездой с выводом нулевой точки сопротивление каждой фазы можно определить непосредственным измерением. При соединении фаз внутри обмотки наглухо измеряют сопротивление между каждой парой выводов: r_{31} – между *C3* и *C1*, r_{12} – между *C1* и *C2*, r_{23} – между *C2* и *C3*. Если расхождения в измеренных значениях сопротивлений не превышают 1,5–2%, сопротивление фазы определяют по формулам: $r = 0{,}5r_и$ – при соединении фаз в звезду, $r = 1{,}5r_и$ – при соединении фаз в треугольник, где $r_и$ – среднеарифметическое значение трех измеренных сопротивлений.

Ток и потери холостого хода определяют у каждого вновь изготовленного или капитально отремонтированного асинхронного двигателя (табл. 16). За линейный ток холостого хода принимают среднеарифметическое значение результатов измерений в трех фазах.

Таблица 16. **Предельно допустимые значения тока холостого хода для трехфазовых асинхронных двигателей**

Мощность электродвигателя, кВт	Ток холостого хода, %, при частоте вращения, об/мин					
	3000	1500	1000	750	600	500
0,1–0,5	60	75	85	90	95	–
0,51–1,0	50	70	75	80	85	90
1,1–5,0	45	65	70	75	80	85
5,1–10,0	40	60	65	70	75	80
10,1–25,0	30	55	60	65	70	75
25,1–50,0	20	50	55	60	65	70
50,1–100	–	40	45	50	55	60

Примечание. Перед измерением тока электродвигатели должны быть обкатаны, т. е. проработать без нагрузки 0,5–1 ч при мощности до 100 кВт и не менее 2 ч при мощности выше 100 кВт.

Увеличение тока и потерь холостого хода сверх нормы может быть вызвано уменьшением числа витков в обмотке статора, смещением сердечников ротора и статора в осевом напра-

влении. Увеличенный ток холостого хода при нормальных потерях холостого хода свидетельствует об увеличении воздушного зазора.

Коэффициент мощности определяют из опытных данных, полученных при работе двигателя под нагрузкой,

$$\cos\varphi = P_1/(\sqrt{3}\,U_н I),$$

где $U_н$ – линейное напряжение, P_1 – потребляемая мощность, I – линейный ток.

Средние температуры обмоток машин определяют используя свойство проводников увеличивать сопротивление при нагреве. Замеряя сопротивление обмотки в холодном $r_х$ и горячем $r_г$ состоянии, превышение температуры медной обмотки над температурой охлаждающей среды (°С) определяют по формуле

$$\Delta t' = \frac{r_г - r_х}{r_х}(235 + t_х) + t_х - t_о,$$

где $t_х$ – температура обмотки в холодном состоянии, $t_о$ – температура охлаждающей среды. Для алюминиевых обмоток вместо числа 235 в формулу подставляют 245.

Предельные допустимые превышения частей электрических машин при температуре газообразной охлаждающей среды 40 °С и высоте над уровнем моря не более 1000 м не должны превышать значений, указанных в табл. 17. При температуре больше 40 °С и высоте более 1000 м эти значения должны быть уменьшены в соответствии с ГОСТ 183–74 (Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования).

Класс нагревостойкости части электрической машины определяется примененным в ней материалом с наиболее низкой нагревостойкостью. Например, если для пазовой изоляции применен материал с нагревостойкостью по классу *B* на основе слюды, а для обмотки провод ПБД с хлопчатобумажной изоляцией, которая имеет класс нагревостойкости *A*, обмотка будет иметь класс нагревостойкости *A*.

Метод сопротивления позволяет определить только средние значения температуры обмоток. В отдельных точках температура может быть выше средней. Так, например, в открытых машинах с воздушным охлаждением, у которых хорошо охлаждаются лобовые части обмоток, пазовые части нагреваются больше, чем лобовые. Превышение температуры в отдельных наиболее нагретых точках должно быть не более: 65 °С – для

Таблица 17. **Предельные длительно допустимые превышения температуры**

Части электрических машин	Δt и $\Delta t'$, °С, при классе нагревостойкости изоляции									
	A		*E*		*B*		*F*		*H*	
	Δt	$\Delta t'$	Δt	$\Delta t'$	Δt	$\Delta t'$	Δt	$\Delta t'$	Δt	$\Delta t'$
1. Обмотки переменного тока машин мощностью менее 5000 кВ·А или с длиной сердечника менее 1 м	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
2. Однорядные обмотки возбуждения с оголенными поверхностями	65	65	80	80	90	90	110	110	135	135
3. Обмотки возбуждения малого сопротивления и компенсационные	60	60	75	75	80	80	100	100	125	125
4. Обмотки возбуждения, кроме указанных в пп. 2, 3	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
5. Якорные обмотки, соединенные с коллектором	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
6. Сердечники и другие стальные части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	60	–	75	–	80	–	100	–	125	–
7. Коллекторы и контактные кольца	60	–	70	–	80	–	90	–	100	–

Примечание. Δt – превышение температуры при измерении методом термометра, $\Delta t'$ – методом сопротивления.

изоляции класса *A*, 90 °С – для изоляции класса *B*, 110 и 135 °С – соответственно для изоляции классов *F* и *H*.

Температуру обмоток и других частей электрической машины в отдельных точках, а также температуру охлаждающего воздуха измеряют термометрами расширения (ртутными и спиртовыми), термопарами и терморезисторами.

Термометр расширения более точно показывает температуру нагретого места, если его резервуар обернуть несколькими слоями тонкой фольги из алюминия или свинца. Образовавшийся комочек плотно прижимают к нагретому месту, а поверх накладывают теплоизолирующий слой ваты или войлока. Температуру охлаждающего воздуха измеряют, поместив термометр в закрытый и заполненный маслом металлический стаканчик, защищающий термометр от лучистой энергии, испускаемой окружающими источниками тепла.

Термопара представляет собой две изолированные проволоки из разных металлов, сваренные друг с другом на одном кон-

це. Место сварки образует шарообразную головку термопары; при нагревании или охлаждении головки в ней возникает эдс, которая зависит от температуры. Измеряя эдс чувствительным милливольтметром, можно судить о температуре места, в которое помещена головка (температуре горячего спая).

Для измерения температуры в электрических машинах обычно применяют константановую и медную проволоки диаметром от 0,3 до 1,0 мм. Термопару из тонкой проволоки можно поместить в самые труднодоступные места, например в паз машины.

В месте, где свободный конец константановой проволоки соединяется с медным зажимом измерительного прибора, также возникает эдс, которая направлена навстречу эдс головки – эдс холодного спая. Милливольтметр измеряет разность эдс, поэтому для определения температуры головки следует к показаниям прибора, выраженным в градусах, прибавить температуру холодного спая, измеряемую термометром.

Терморезистор представляет собой тонкую медную проволоку, намотанную вокруг изоляционной полоски или цилиндра. Замеряя сопротивление проволоки, определяют температуру того места, где помещен терморезистор. Сопротивление терморезистора при температуре 0 °С обычно равно 53 Ом. Сопротивление терморезистора при других температурах составляет:

Температура, °С . . .	0	25	50	75	100	125	150
Сопротивление, Ом	53,00	58,63	64,26	69,89	75,53	81,16	86,19

Температура подшипников не должна превышать предельно допустимых значений: 80 °С – для подшипников скольжения (температура масла при этом должна быть не более 65 °С); 100 °С – для подшипников качения. Более высокая температура допускается, если применены специальные подшипники качения или сорта масел при соответствующих материалах вкладышей для подшипников скольжения.

Вибрацию электрических машин и отдельных ее частей измеряют виброметрами. Прибор состоит из рамы, массивной призмы, подвешенной к раме на пружинах, и встроенного в призму индикатора. Для крепления прибора к вибрирующей поверхности в нижней части рамы имеется отверстие с резьбой. Призма при колебаниях корпуса прибора остается практически неподвижной, перемещение относительно нее корпуса прибора измеряет индикатор, ножка которого упирается в корпус. Прибор измеряет амплитуду вибраций, т. е. перемещение контролируемой поверхности от одного крайнего положения через поло-

жение равновесия до другого крайнего положения. Вибрация, измеренная на каждом из подшипников, не должна превышать следующих значений:

Синхронная частота вращения машины, об/мин	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации, мкм	50	100	130	160

Если виброметр установить непосредственно на корпус подшипника невозможно, например при измерении вибрации малых машин, применяют измерительный стержень длиной 250 – 300 мм, который привинчивают к прибору. Другим концом стержень упирают в контролируемую поверхность.

Контрольные вопросы

1. Как производятся статическая и динамическая балансировки роторов? Опишите устройство станка для динамической балансировки.
2. Какие инструменты и приспособления применяют для ускорения и повышения качества сборочных работ?
3. Как производится сборка подшипниковых опор электрических машин?
4. Расскажите о процессах сборки электрических машин постоянного и переменного токов.
5. Каким испытаниям подвергаются электрические машины после ремонта? Расскажите о методах, приборах и установках для проведения испытаний.
6. Какие правила безопасности надо соблюдать при балансировке, сборке и испытаниях электрических машин?

Глава VI

РЕМОНТ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

§ 41. НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТОВ

Включение, отключение, а также изменение направления и частоты вращения электродвигателей осуществляется специально предназначенными для этих целей электрическими аппаратами. Отечественная промышленность выпускает различные по назначению и конструкции аппараты управления.

Для управления асинхронными двигателями небольшой мощности широко используют ручные (неавтоматические) пускатели: рубильники, выключатели, переключатели, кнопки, кнопочные станции.

Автоматические аппараты (электромагнитные контакторы, магнитные пускатели) приводят в действие встроенными в них электромагнитами.

Электродвигатель рассчитан на прохождение по его обмоткам определенного тока. Если к валу электродвигателя приложить момент сопротивления больше номинального, он будет перегружен, ток превысит номинальное значение, обмотки перегреются, что приведет к преждевременному выходу двигателя из строя в результате старения изоляции. Защиту от перегрузок осуществляют обычно тепловыми реле, которые отключают двигатель от сети при токах, превышающих допустимое значение.

Особенно опасны короткие замыкания. Такой режим возникает при подключенном к сети невращающемся двигателе. В режиме короткого замыкания по обмоткам асинхронного двигателя проходит ток, в 4 – 7 раз превышающий номинальное значение. Короткое замыкание возникает также при соприкосновении токопроводящих жил двух фаз. Для быстрого отключения электрооборудования или участка сети при коротких замыканиях последовательно в электрическую цепь включают плавкие предохранители.

К числу характерных неисправностей пускорегулирующих аппаратов следует отнести: недопустимый нагрев и износ контактов; недопустимый нагрев, витковые замыкания и замыкания на корпус катушек электромагнитов, неудовлетворительную изоляцию, механические неполадки.

Недопустимый нагрев контактов происходит обычно в результате недостаточного контактного нажатия, плохого состояния контактных поверхностей (наличия на них пыли, грязи,

пленки оксида или нагара), нагрузки выше номинального значения, износа или плохого охлаждения контактов в результате загрязнения теплоотдающих поверхностей. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата, что нарушает свойства изоляционных деталей.

Износ контактов зависит от токовой нагрузки, частоты и продолжительности включений, качества материала контактов. Особенно сильно разрушает контакты электрическая дуга, возникающая при их размыкании под током.

Недопустимый нагрев катушек может произойти при витковых замыканиях, а в катушках, питаемых переменным током, также и при заклинивании подвижной части электромагнита (якоря) в разомкнутом состоянии или при низком напряжении питания. В разомкнутом состоянии, когда воздушный зазор в магнитной системе между якорем и сердечником большой, катушка обладает малым индуктивным сопротивлением, в результате чего по ней длительное время проходит большой ток, вызывающий нагрев. Низкое напряжение может оказаться недостаточным для срабатывания электромагнита, который будет находиться в разомкнутом состоянии, что также вызовет значительный нагрев в результате длительного прохождения большого тока.

Замыкание на корпус происходит при неплотной посадке на стальной сердечник бескаркасных катушек. При вибрациях и ударах, происходящих при работе контактора, изоляция катушек в результате их перемещения постепенно перетирается.

Пробои изоляционных деталей в аппаратах случаются сравнительно редко. Сопротивление изоляции может значительно уменьшиться в результате увлажнения и загрязнения поверхностей между токопроводящими частями и корпусом.

Механические неполадки в аппаратах возникают в результате поломки осей, ослабления или поломки пружин, неисправностей подшипников и др. Основные причины поломок – коррозия деталей и плохая смазка подвижных частей.

§ 42. ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Благодаря простоте устройства и малой стоимости предохранители получили широкое распространение.

Основным элементом предохранителя является плавкая вставка, встроенная в корпус, на торцах которого расположены контакты для включения предохранителя в сеть. При токе, превышающем номинальный ток плавкой вставки, она расплавляется (перегорает) и разрывает электрическую цепь.

В сетях напряжением до 1000 В широкое применение находят предохранители ПН-2 (предохранитель с наполнителем) и ПР (разборный предохранитель).

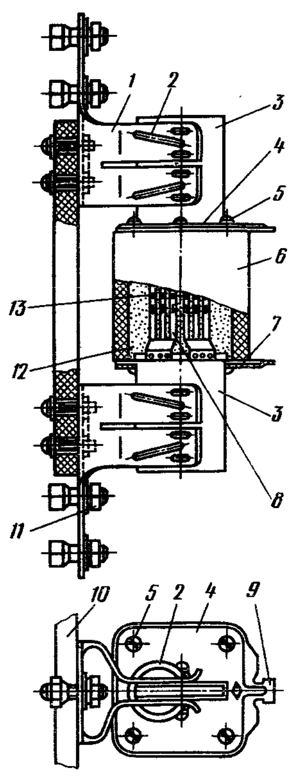


Рис. 104. Предохранитель с наполнителем ПН-2

Предохранитель ПН-2 состоит из патрона с контактными ножами *3* (рис. 104) и двух контактных стоек *1*, к которым зажимами *11* присоединяются провода от сети. Контактные стойки закрепляются на основании *10*. Корпус патрона выполнен из фарфоровой квадратной снаружи и круглой внутри трубки *6*, которая с каждого торца имеет по четыре резьбовых отверстия для винтов *5*, крепящих металлические крышки *4* с уплотняющими прокладками *7*. Плавкая вставка *8* приварена к ножам *3*, которые проходят через прямоугольные отверстия в крышках. Трубка заполняется сухим кварцевым песком *12*.

Плавкая вставка выполнена из одной или нескольких медных ленточек толщиной 0,15–0,35 мм и шириной до 4 мм, в которых сделаны прорези, уменьшающие сечение вставки в 2 раза. Медь имеет высокую температуру плавления 1080 °С. Чтобы снизить температуру, под разрушительным воздействием которой оказываются элементы предохранителя, на медные полоски напаяны оловянные шарики *13*. Олово плавится при 232 °С и частично растворяет материал вставки, снижая ее температуру плавления примерно до 475 °С.

Перегорание плавкой вставки обычно сопровождается возникновением электрической дуги, которая может повредить предохранитель. Эффективное гашение дуги достигается разделением ее на мелкие дуги в соответствии с числом параллельно соединенных ленточек вставки и деионизацией ее в результате соприкосновения с развитой поверхностью множества песчинок.

Патрон предохранителя ПН-2 вставляют в контактные стойки съемно-установочной ручкой за Т-образные выступы

9 на металлических крышках *4*. Надежный контакт ножей со стойками обеспечивается стальными пружинными кольцами *2*.

В предохранителях с наполнителем вместо фарфоровых трубок могут быть применены трубки из стеклоткани, пропитанной теплостойкими лаками, из стеатита либо литые из пластмасс или изоляционных смол.

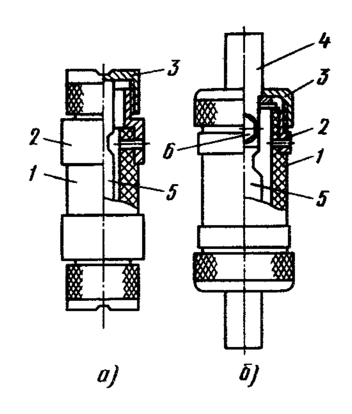


Рис. 105. Патроны предохранителей ПР-2 на токи: *а* – 15 – 60 А, *б* – 100 – 1000 А

Конструкция разборных предохранителей ПР-2 позволяет легко заменять вставки. Патроны предохранителей *1* (рис. 105, *а*) изготовляют из тонкостенной фибровой трубки, на концах которой плотно насажены и закреплены латунные кольца *2* с резьбой. На кольцах с обеих сторон навернуты латунные колпачки *3*, которые у предохранителей на токи до 60 А являются одновременно и контактной частью патрона. У предохранителей на 100 А и выше (рис. 105, *б*) вставка *5* крепится к контактным ножам *4* болтами *6*.

Вставка выполняется из листового цинка, который имеет температуру плавления 420 °С, с двумя или несколькими узкими участками. Применение легкоплавкого материала и конфигурация вставки способствуют сохранению предохранителя при плавлении вставки. Когда суженные участки перегорают, широкие части вставки, не плавясь, падают вниз, способствуя разрыву электрической дуги. При перегорании вставки фибра разлагается под действием пламени и выделяет большое количество газа, давление в патроне резко повышается, что приводит к эффективному гашению дуги.

Контактное нажатие при установке патрона обеспечивается упругими свойствами контактных стоек (в предохранителях до 60 А), стальной кольцевой или пластинчатой пружиной (в предохранителях 100 – 350 А), а в предохранителях на большие токи (600 – 1000 А) – специальными винтами с пластмассовой рукояткой.

Достоинством предохранителей ПР-2 является простота их перезарядки, недостатком – несколько бóльшие размеры, чем у предохранителей с наполнителем.

Вставки предохранителей ПН и ПР-2 перегорают раньше, чем ток короткого замыкания достигает установившегося зна-

чения. Такие предохранители называют токоограничивающими. Они надежно защищают электроустановки от опасных термических и динамических воздействий тока короткого замыкания.

Ремонт предохранителей начинают с очистки патрона и контактных стоек от пыли и грязи. Затем внимательным осмотром убеждаются в целостности фарфорового корпуса, а также латунных колпачков на торцах патронов. При наличии трещин корпус должен быть заменен новым. Проверяют контакт между патроном и пружинящими стойками. Патрон должен устанавливаться на место с заметным усилием. Плотность контакта можно восстановить подгибанием губок на стойках или заменой пружинных колец, если они предусмотрены конструкцией. Если материал стоек потерял упругость от значительных нагревов, стойки заменяют новыми.

Окислившиеся контактные поверхности зачищают стеклянной бумагой, а сильно оплавленные и обгоревшие – надфилем, снимая минимальный слой металла. Применять наждачную бумагу не разрешается, так как зерна наждака, врезаясь в контакты, увеличивают электрическое сопротивление и ухудшают прилегание поверхностей.

Патрон разбирают, проверяя состояние внутренних токопроводящих частей и плавких вставок. Сгоревшие вставки, а также вставки, длительное время находившиеся в работе и окислившиеся под воздействием высокой температуры, заменяют новыми. При креплении цинковой вставки должны быть обязательно применены стальная шайба с увеличенным наружным диаметром и пружинная шайба. Последняя устанавливается между головкой винта и стальной шайбой, обеспечивая постоянное давление в месте контакта ножа с вставкой. Стальная шайба предохраняет мягкую цинковую вставку от пластических деформаций при затяжке винта.

Стенки фибрового патрона при срабатывании предохранителя постепенно выгорают под воздействием электрической дуги. Когда толщина стенок уменьшается на 50% и более, патрон должен быть заменен новым. Тонкие стенки уменьшают механическую прочность патрона. При очередном срабатывании, когда давление в патроне повышается за счет выделения газов, он может разорваться и стать причиной тяжелой травмы. Переброска дуги на соседние токопроводящие части может привести к аварии.

В сильно обгоревшем патроне, кроме того, ухудшаются условия гашения дуги, так как обуглившиеся стенки уменьшают газовыделение фибры. Поэтому, если из условий механической прочности патрон может быть сохранен, внутреннюю его по-

верхность зачищают до удаления следов нагара и промывают бензином.

Патрон предохранителя ПН-2 после ремонта заполняется чистым и сухим кварцевым песком (99% SiO_2). Вместо него применяется также мел ($CaCO_3$), иногда его смешивают с асбестовым волокном.

Отремонтированный патрон проверяют контрольной лампой на наличие электрической цепи и устанавливают в стойки предохранителя. Контактные поверхности патрона должны входить в губки плотно без перекосов.

Предохранитель выбирают по напряжению, номинальному току предохранителя и номинальному току плавкой вставки (например, предохранитель ПР-2 на 220 В, 60 А, ток плавкой вставки 25 А). Предохранители ПР-2 выпускают с коротким (на 220 В) и длинным (на 500 В) корпусами.

§ 43. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОНТАКТОРОВ

Контакторами называют аппараты, предназначенные для частых включений и отключений силовых электрических цепей при токах, не превышающих токи перегрузки. Широкое распространение получили контакторы с электромагнитным приводом. Управление такими контакторами осуществляется подачей тока во втягивающую катушку *20* (рис. 106) электромагнита. Магнитный поток замыкается по сердечнику *10* и якорю *18*. Якорь притягивается к сердечнику и поворачивает вал *6* с закрепленными на нем подвижными контактами *14* до соприкосновения их с неподвижными контактами *12*. При разрыве цепи катушки якорь под действием силы тяжести отпадает, размыкая контакты.

В рассматриваемом контакторе якорь удерживается во включенном положении при прохождении тока через катушку. Существуют также контакторы, в которых якорь фиксируется защелкой. В этом случае необходимо дополнительное электромагнитное устройство для управления защелкой. Размыкание контактов может производиться не только под действием силы тяжести, но и с помощью отключающей пружины.

Электромагнитные контакторы в зависимости от рода тока, в цепях которого они работают, подразделяют на контакторы постоянного и переменного тока. В трехфазовых сетях переменного тока применяют трехполюсные контакторы, которые состоят из следующих основных элементов: электромагнитной системы *4*, трех пар главных контактов с дугогасительными

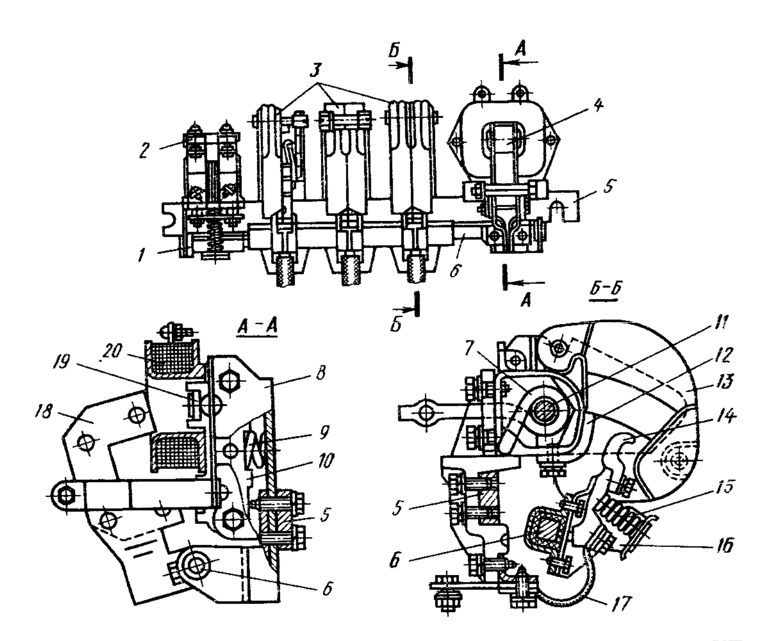


Рис. 106. Трехполюсный контактор переменного тока серии КТ

устройствами, смонтированными в блоки полюсов *3*, и блок-контактов *2*.

Основанием контактора поворотного типа служит металлическая рейка *5*, на которой установлены все неподвижные части контактора: сердечник электромагнита *10* с втягивающей катушкой *20*, неподвижные главные контакты *12* с дугогасительным устройством *13*, неподвижные блок-контакты. Подвижные части – якорь *18*, главные контакты *14* и блок-контакты закреплены на валу *6*, который поворачивается в подшипниках *1*. Все основные элементы – магнитная система, контактно-дугогасительная система, блок-контакты – установлены вдоль рейки и вала контактора.

Блок-контакты являются вспомогательными контактами аппарата и предназначены для замыкания и размыкания цепей управления, блокировки и сигнализации. Они срабатывают одновременно с главными контактами при повороте вала.

Электромагнитная система состоит из сердечника с короткозамкнутым витком *19*, якоря и втягивающей катушки. Сердечник и якорь собраны для уменьшения потерь на вихревые токи из пластин электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм, которые стягиваются заклепками между крайними бо-

лее толстыми листами, чтобы придать магнитной системе необходимую монолитность.

Якорь при включении контактора ударяет по сердечнику. Чтобы предохранить их соприкасающиеся поверхности от расклепывания, между сердечником и скобой *8* установлена амортизирующая пружина *9*. Контакторы выполняют с амортизацией якоря либо с амортизацией якоря и сердечника одновременно. Для дополнительной амортизации могут быть также установлены резиновые прокладки. Амортизация элементов магнитной системы уменьшает также вибрацию контактов при включении контактора и их износ.

В аппаратах переменного тока сила притяжения якоря, пропорциональная квадрату магнитного потока, в момент прохождения его через нулевое значение становится равной нулю. Якорь начинает отпадать, затем снова притягивается к сердечнику. Возникает вибрация якоря, которая приводит к износу магнитной системы и сопровождается гудением. Для устранения вибрации аппараты переменного тока изготовляют с короткозамкнутым витком *19*, охватывающим часть электромагнита. Возникающий в витке переменный ток смещает по фазе часть магнитного потока, которая охватывается витком, в результате чего сила притяжения не уменьшается до нулевого значения. При повреждении (разрыве) короткозамкнутого витка возникает вибрация якоря.

Главные контакты состоят из неподвижного и подвижного контактов. Последний контактодержателем *16* связан с валом *6*. Давление на подвижный контакт передается через пружину *15*, которая обеспечивает определенное контактное нажатие. Соединение подвижного контакта с выводом аппарата осуществляется гибкой связью *17*.

После разрыва электрической цепи между расходящимися контактами по воздушному промежутку некоторое время продолжает проходить ток. В обычных условиях воздух является хорошим изолятором. Для пробоя 1 мм воздушного промежутка необходимо напряжение около 3 кВ. В момент разрыва контактов с их поверхности под действием электрического поля с большой скоростью выходят электроны. В результате ударной ионизации воздух становится хорошим проводником тока. Это вызывает появление электрической дуги, которая выделяет большое количество тепла. Под влиянием высокой температуры процесс ионизации активизируется. Дуга может привести к оплавлению контактных поверхностей. Чтобы увеличить срок службы контактов, в аппаратах используют дугогасительные устройства различной конструкции.

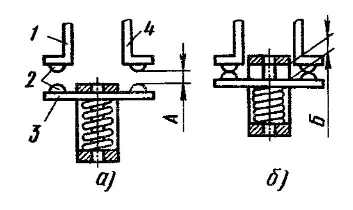


Рис. 107. Мостиковый контакт в разомкнутом (*а*) и замкнутом (*б*) положении:

А – раствор контактов, *Б* – провал контактов

Дугогасительное устройство обычно состоит из камеры *13* и дугогасительной катушки *7*, включенной последовательно с главной цепью контактора. Катушка надевается на сердечник *11*, на торцах которого располагаются полюсные наконечники, образующие в месте возникновения дуги магнитное поле, силовые линии которого направлены перпендикулярно направлению движения контактов. На дугу, как на проводник с током, действует сила, перемещающая ее в направлении камеры, в которой установлены дугогасительные решетки из стальных пластин. Пластины внутри камеры расположены перпендикулярно стволу электрической дуги, благодаря чему она быстро охлаждается и гаснет, разбиваясь на ряд мелких дуг.

Электродинамические силы, втягивающие дугу в камеру, можно получить также за счет взаимодействия магнитного поля, образуемого токопроводящими частями контактов с электрической дугой. В таких конструкциях аппаратов дугогасительная катушка отсутствует.

В контакторах кроме контактов пальцевого типа (см. рис. 106) применяют также мостиковые контакты, которые состоят из подвижного контакта-мостика *3* (рис. 107) и неподвижных контактов *1* и *4* с прикрепленными к ним пайкой или сваркой накладками *2*.

Ток в мостиковых контактах проходит от неподвижного контакта *1* через подвижный (мостик) *3* к другому неподвижному контакту *4*. При разомкнутых контактах создается двойной разрыв между ними, что способствует гашению дуги при выключении аппарата. Гибкое соединение в мостиковом контакте отсутствует. Накладки в мостиковых контактах обычно изготовляют из серебра или металлокерамики на базе серебра.

Важнейшими геометрическими параметрами, обеспечивающими нормальную работу контактора, являются раствор и провал контактов. *Раствором* называют наименьшее расстояние *А* между контактами в разомкнутом состоянии. Если удалить неподвижные контакты *1* и *4*, которые жестко закреплены, то подвижный контакт переместится на расстояние *Б*. Это расстояние называют *провалом*.

§ 44. РЕМОНТ КОНТАКТОРОВ

Ремонт контакторов заключается преимущественно в замене поврежденных или изношенных частей новыми (табл. 18). Наиболее часто приходится заменять главные контакты, гибкие соединения, катушки электромагнитов, пружины и короткозамк-

Таблица 18. **Возможные неисправности контакторов**

Неисправность	Возможные причины
При подаче напряжения на втягивающую катушку контактор не включается	Повреждена катушка; обрыв в цепи катушки; заедание вала в подшипниках (устраняется регулировкой положения подшипников); задевание контактов за стенки камер (устраняется регулировкой положения контактов и камер); установлена катушка на другое напряжение
Контактор включается, а затем снова отключается	Нарушение цепи блок-контакта, через который питается втягивающая катушка
При подаче напряжения контактор включается не полностью	Велико нажатие контактов (устраняется заменой пружины); недостаточное напряжение в сети; велико усилие возвратной пружины
При включении контакты привариваются	Слишком велико или мало контактное нажатие (при чрезмерном нажатии якорь застревает при касании контактов); включение произошло при недостаточном напряжении сети
Контакты перегреваются	Нагрузка выше номинальной; чрезмерный износ контактов, пыльные, грязные или обгоревшие контакты; слабый контакт в месте соединеиия подвижного контакта с гибким соединением или неподвижного контакта со скобой; малое контактное нажатие (устраняется заменой пружины)
Сильное гудение магнитной системы (при несвоевременном устранении может вызвать сгорание катушки)	Якорь неплотно прилегает к сердечнику из-за загрязнения поверхностей соприкосновения; поврежден короткозамкнутый виток; слишком велико нажатие контактов; плохо затянуты болты, крепящие якорь и сердечник; якорь неплотно прилегает к сердечнику из-за неровностей на поверхностях соприкосновения (устраняется шлифовкой); перекос якоря по отношению к сердечнику
Залипание якоря к сердечнику	Износ немагнитной прокладки
Сильный нагрев втягивающей катушки	Витковые замыкания в катушке

нутые витки. После ремонта производят регулировку и испытание контактора.

Приступая к ремонту, тщательно очищают контактор от пыли, грязи, копоти и коррозии. Контакты протирают сухой ветошью, а при наличии нагара – ветошью, смоченной в бензине. Поверхности контактов при появлении на них наплывов и застывших капель меди, потемнений от перегрева слегка зачищают мелкой стеклянной бумагой или напильником с мелкой насечкой. Наплывы и капли следует снимать до выравнивания поверхности, а не до выведения раковин. Применять для зачистки наждачное полотно запрещается. Контакты должны быть сухими, смазка поверхностей не допускается, так как при выгорании она загрязняет их. После зачистки контакты протирают сухой ветошью.

Контакты с серебряными накладками не зачищают, а протирают замшей. При износе накладок до меди контакты заменяют новыми.

Главные контакты с накладками заменяют новыми при износе накладок до толщины 10–20% первоначальной. Замену главных контактов из меди без накладок необходимо производить после уменьшения их толщины на 50% и более. После установки положение новых контактов надо отрегулировать так, чтобы они соприкасались по линии на длине не менее 75% ширины подвижного контакта.

В процессе ремонта проверяют геометрические параметры (раствор, провал), начальное и конечное нажатия главных контактов (табл. 19). Раствор контактов (рис. 108, *а*) изменяют поворотом эксцентричного бруска упора якоря. Начальным назы-

Таблица 19. **Растворы, провалы и нажатия трехполюсных контактов серий КТ-6000, КТ-7000**

Тип контактора	Раствор контактов, мм	Зазор, контролирующий провал, мм	Начальное нажатие, Н	Конечное нажатие, Н
КТ-6013 КТ-6023 КТ-7013 КТ-7023	7,5–8,5	1,7–2	14,7–15,7	17,6–21,6
КТ-6033 КТ-6043 КТ-6053	7,5–8,5 11–13 10 12,5	3,3–3,5 3,3–3,5 3,7–4,0	19,6–21,6 51,9–53,9 94,1–98,0	36,3–44,1 71,7–82,6 176–206

Примечание. Номинальный ток можно определить по третьей цифре числового обозначения контактора: 1–100 А, 2–160 А, 3–250 А, 4–400 А, 5–630 А.

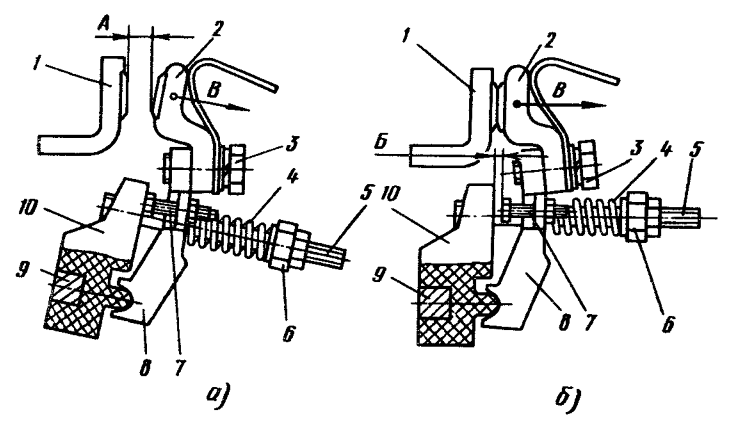


Рис. 108. Выключенное (*а*) и включенное (*б*) положение контактов контактора серии КТ:

1, 2 – неподвижный и подвижный контакты, *3* – винт, *4* – контактная пружина, *5* – болт, *6* – гайка, *7* – регулировочный винт, *8* – рычаг, *9* – вал, *10* – контактодержатель; *А* – раствор контактов, *Б* – размер, контролирующий провал контактов, *В* – направление усилия при замере нажатий контактов

вают нажатие контактов в момент их соприкосновения при включении. Оно зависит от усилия, которое развивает контактная пружина *4*. После соприкосновения контактов вал *9* (рис. 108, *б*) продолжает поворачиваться вместе с закрепленным на нем контактодержателем *10* до соприкосновения якоря с сердечником. Болт *5*, перемещаясь вместе с контактодержателем, дополнительно сжимает пружину. Благодаря этому конечное нажатие получается больше начального.

Провал контакта в большинстве конструкций практически замерить невозможно. Поэтому в контакторах проверяют зазор *Б*, контролирующий провал главных контактов в замкнутом положении магнитной системы контактора. От провала зависит конечное нажатие на контакт. По мере износа контактов уменьшаются провал и конечное нажатие, что может привести к повышенному нагреву контактов. Не допускается, чтобы зазор, контролирующий провал, был меньше половины его первоначального значения, указанного в табл. 19. Замер зазора производят щупом.

В многополюсных контакторах контролируют одновременность касания контактов. Эта проверка заключается в замере зазора между контактами щупом, когда другие контакты касаются друг друга. Неодновременность касания новых контактов допускается до 0,3 мм. Этот параметр зависит от точности регулировки провалов.

Начальное нажатие определяют при разомкнутых контактах, закладывая полоску тонкой бумаги между регулировочным винтом *7* (рис. 108, *а*) и контактодержателем *10*, слегка оттянув подвижный контакт вправо. На подвижный контакт надевают петлю из проволоки или прочной ленты (например, киперной), цепляя за нее динамометр. Прикладывая постепенно нарастающее усилие по направлению движения контакта при размыкании (примерно перпендикулярно его поверхности), фиксируют момент, когда полоска бумаги легко вытягивается. Динамометр покажет начальное нажатие.

Замер конечного нажатия производят во включенном положении контактора (рис. 108, *б*). Полоску бумаги прокладывают между неподвижным *1* и подвижным *2* контактами. Петлю оттягивают динамометром до тех пор, пока контакты не разойдутся настолько, что бумагу можно будет передвигать.

Начальное нажатие изменяется вращением регулировочного винта *7* или другого регулировочного приспособления. Конечное нажатие в контакторах серии КТ не регулируется, а контролируется. Если оно не соответствует указанному в табл. 19 значению, необходимо заменить контактную пружину.

О состоянии магнитной системы можно судить по шуму, издаваемому включенным контактором. Сильный шум свидетельствует об ослаблении креплений ярма и якоря, повреждении короткозамкнутого витка, расположенного в вырезах сердечника, и плохом прилегании якоря к сердечнику из-за нарушения регулировки. Поврежденный короткозамкнутый виток заменяют новым, отгибая удерживающие пластины. Площадь соприкосновения половин электромагнита должна составлять не менее 70% поверхности прилегания. При меньшей площади этот дефект устраняют перемещением сердечника электромагнита и при необходимости шабрением поверхности сердечника вдоль листов, чтобы уменьшить их замыкание.

У контакторов наблюдается «прилипание» якоря к сердечнику. Контактор при этом может не отключиться даже при обесточенной втягивающей катушке. Это явление возникает обычно при отсутствии немагнитной прокладки. Вышедшую из строя катушку заменяют новой.

Блок-контакты контактора КТ состоят из пластмассового корпуса, в котором закреплены неподвижные контакты, и траверсы, несущей подвижные контакты. Растворы и провалы блок-контактов регулируют, передвигая корпус вверх или вниз на скобе, которая закреплена на рейке контактора. Траверса при включенном контакторе (замкнутое положение магнитной системы) должна иметь дополнительный ход вверх около 1 мм.

Этот параметр также регулируется положением корпуса. При износе серебряных накладок контакты заменяют новыми. Положение неподвижных контактов фиксируют отгибанием их на угол 20 – 30°. Внутреннюю полость блок-контактов следует регулярно очищать от пыли во избежание образования токопроводящих мостиков, ведущих к перекрытию контактов.

Толкатель, перемещающий траверсу, при включении контактора не должен ударять по корпусу. Это условие может быть обеспечено изменением положения корпуса подкладкой шайб под скобу, несущую блок-контакты. Люфт между толкателем траверсы и хвостовиком якоря при включенном положении контактора и подтянутой вверх траверсе должен быть не менее 1,5 мм.

При послеремонтных испытаниях контакторов обычно измеряют сопротивление изоляции, проверяют ее электрическую прочность, измеряют сопротивление катушек постоянному току, определяют напряжения, при которых происходит включение или отключение контактора.

Перед включением контактора в сеть надо проверить отсутствие заедания во всех подвижных частях, включая блок-контакты и несколько раз медленно перемещая их от руки до включенного состояния контактора. Эту проверку сначала следует провести без дугогасительных камер, а затем с ними. Провода, присоединенные к втягивающей катушке, должны быть надежно закреплены; следует проверить также затяжку всех крепежных деталей и правильность включения контактора по схеме.

Двумя-тремя включениями и отключениями контактора без тока в главной цепи проверяют четкость его работы и устраняют обнаруженные дефекты.

Втягивающая катушка должна четко включать контактор без останова или заметной задержки подвижной системы в промежуточном положении при напряжении, равном 85% его номинального значения, и удерживать якорь электромагнита в полностью притянутом положении при напряжении, равном 70% номинального (при этом допускается сильное гудение электромагнита). Напряжение отпадания нормами не устанавливается.

§ 45. МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Магнитные пускатели предназначены для пуска, останова или изменения направления вращения (реверса) электродвигателей. Пускатель для управления трехфазовым асинхронным дви-

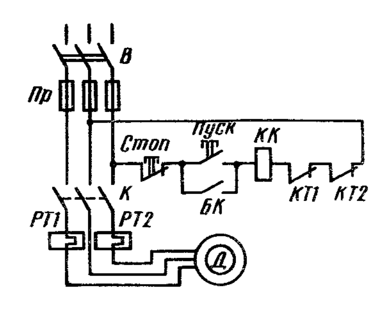


Рис. 109. Схема включения магнитного пускателя

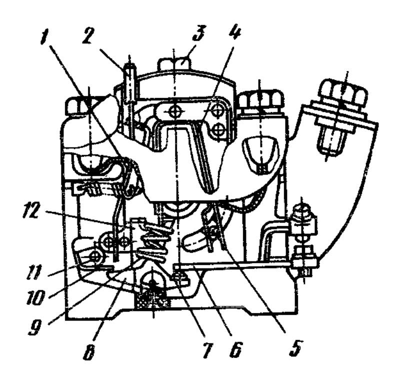


Рис. 110. Тепловое реле ТРП-150

гателем состоит из трехполюсного контактора с блок-контактами, включающего электромагнита и двух тепловых реле, объединенных в пластмассовом или металлическом кожухе. Управление аппаратом осуществляется кнопками «Пуск» и «Стоп», которые могут быть расположены на отдельном посту управления.

При нажатии на кнопку «Пуск» (рис. 109) катушка контактора *КК* включается на напряжение сети, якорь магнитной системы перемещается, замыкая главные контакты *К*. Одновременно замыкаются блок-контакты *БК*, которые остаются замкнутыми после возврата кнопки «Пуск» в исходное состояние. Благодаря этому контактор остается включенным и после отпускания кнопки. Отключают контактор нажатием на кнопку «Стоп». Катушка *КК* обесточивается, главные контакты *К* размыкаются, вместе с ними размыкаются и блок-контакты *БК*.

Основными рабочими элементами тепловых реле *РТ1*, *РТ2* являются биметаллические элементы и нагреватели, по которым проходит ток нагрузки. При большом токе биметаллический элемент сильно изгибается в результате значительного нагрева, что приводит к срабатыванию механизма теплового реле, размыканию его контактов *КТ1* или *КТ2*, обесточиванию катушки *КК* и отключению контактора. Магнитный пускатель осуществляет также минимальную защиту электродвигателя *Д*. При снижении напряжения ниже определенного значения или исчезновении напряжения сила притяжения якоря становится недостаточной и контактор отключается. После появления напряжения пускатель включается только при повторном нажатии на кнопку «Пуск».

Защита электродвигателей от коротких замыканий осуществляется плавкими предохранителями *Пр*, которые могут быть встроены в корпус пускателя. Пускатель подсоединяется к трехфазовой сети через выключатель *В*.

В реле типа ТРП биметаллическая пластина *4* (рис. 110) имеет U-образную форму, которая позволяет встроить в небольшое по размерам реле пластину значительной длины, что повышает чувствительность реле. При отсутствии тока, а также при токе, не превышающем ток срабатывания, биметаллическая пластина под действием пружины *9* удерживается у правого отгиба упора *12*. Одновременно, действуя на выступ колодки *8*, пружина *9* прижимает подвижные контакты *7* мостикового типа, закрепленные на колодке *8*, к неподвижным контактам *6*. Когда ток превышает допустимое значение, биметаллическая пластина в результате нагрева стремится занять выпрямленное положение. Конец пластины вместе с верхним концом пружины *9* скачкообразно переходит в левое положение, упираясь в левый отгиб упора *12*. Пружина поворачивает колодку *8* по часовой стрелке, размыкая контакты реле. При остывании пластина скачкообразно возвращается в первоначальное положение, замыкая контакты.

Реле ТРП может быть выполнено без самовозврата. Для этого необходимо повернуть упор *10* и закрепить его винтом *11* в таком положении, при котором колодка *8* при срабатывании реле не упирается в него, а проходит несколько дальше. В этом случае возврат биметаллической пластины в исходное положение не вызывает поворота колодки *8*, и контакты остаются разомкнутыми. Для приведения реле в исходное положение нажимают на кнопку *2*, с которой связан толкатель *1*. Толкатель поворачивает колодку против часовой стрелки, замыкая контакты.

В реле предусмотрена регулировка тока срабатывания (тока уставки) от −20–25% до +25–30%. Регулировка тока уставки производится смещением вправо – влево рычага *3* по зубчатому сектору. При этом изменяется положение оси *5* и предварительный натяг биметаллической пластины. Реле серии ТРН – двухполюсные с температурной компенсацией, имеет только ручной возврат, осуществляемый нажатием кнопки через 1–2 мин после срабатывания.

Нагрев биметаллической пластины в тепловых реле может осуществляться током, проходящим непосредственно по ней или только по нагревательному элементу, или по тому и другому одновременно.

Реверсивные пускатели, позволяющие изменять направление

вращения электродвигателя, имеют два контактора, а их кнопочная станция три кнопки: «Вперед», «Назад», «Стоп». В этих пускателях блок-контакты соединены таким образом, что включение второго контактора становится возможным только в том случае, когда отключен первый. При отсутствии такой блокировки может произойти серьезная авария из-за короткого замыкания между фазами электрической цепи.

При ремонте магнитных пускателей зачищают, регулируют, в случае необходимости заменяют контакты и устраняют неисправности магнитной системы, а также проверяют сохранность биметаллических пластин и нагревателей. Вышедшие (перегоревшие) из строя нагреватели заменяют новыми, номинальные токи которых должны соответствовать току нагрузки (табл. 20).

Таблица 20. **Номинальные токи сменных нагревательных элементов реле**

Тип реле	Номинальные токи, А
ТРН-8; ТРН-10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,5; 4; 5; 6,3; 8; 10
ТРН-25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
ТРН-40	12,5; 16; 20; 32; 40
ТРП-60	25; 30; 40; 50; 60
ТРП-150	50; 60; 80; 100; 120; 150

Примечание. В обозначении теплового реле число, стоящее после букв, указывает наибольший ток нагревателя, который может быть установлен в реле.

§ 46. РЕМОНТ РУБИЛЬНИКОВ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ И РЕОСТАТОВ

Рубильники и переключатели. Оплавленные контактные поверхности ножей и губок зачищают стеклянной бумагой или при необходимости напильником, снимая минимальный слой металла. Удалять следует только наплывы, зачистка до выведения раковин приводит к значительному уменьшению сечения контактов. Изношенные и сильно оплавленные ножи и губки заменяют новыми. Все крепежные детали подтягивают.

Шарнирные токопроводящие соединения должны иметь тарельчатые шайбы, обеспечивающие надежный контакт в соединении. Для увеличения срока службы шарнирные соединения очищают от грязи бензином и смазывают техническим вазелином. Смазку следует производить, несколько ослабив крепле-

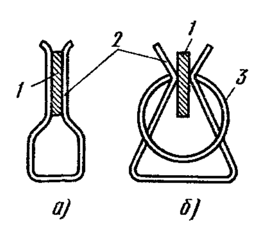


Рис. 111. Плоский (*а*) и линейный (*б*) контакты рубильников:

1 – губка, *2* – нож, *3* – стальная пружина

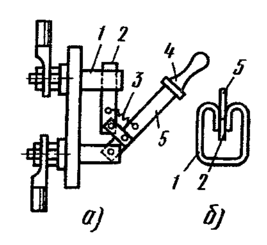


Рис. 112. Рубильник с дугогасительным (моментиым) ножом:

а – схема, *б* – включенное положение контактов; *1* – губка, *2* – моментный нож, *3* – пружина, *4* – рукоятка, *5* – главный нож

ние шарниров, чтобы вазелин проник в зазоры. Затем крепежные детали следует подтянуть.

Ножи в губки должны входить без ударов и перекосов, но с некоторым усилием, а контактные поверхности в плоских контактах – плотно прилегать друг к другу (рис. 111, *а*). Щуп толщиной 0,05 мм не должен входить между ними на глубину более 6 мм. В настоящее время применяют линейный контакт (рис. 111, *б*), обеспечивающий малое переходное сопротивление. Нажатие в контактах обеспечивается пружинящими губками и специальными стальными пружинами *3*. Ослабленные пружины, не создающие в контактах необходимого давления, заменяют новыми.

Глубину вхождения ножей в губки у рубильников с рычажным приводом регулируют, изменяя длину тяги от рукоятки к рубильнику. Ножи своей контактной частью должны войти в губки, не доходя до контактной площадки на 2–4 мм.

У рубильников и переключателей с числом полюсов два и более проверяют одновременность вхождения при включении и выхода при выключении всех ножей из губок. Наибольшее расстояние между контактами не должно превышать 3 мм при соприкосновении одной пары контактов.

Рубильники могут быть снабжены дугогасительными контактами или моментными ножами. При отключении таких рубильников сначала разрываются главные контакты, но дуга между ними не возникает, так как ток проходит по дугогасительным контактам или моментным ножам (рис. 112). При отключении сначала выходит из губок главный нож, растягивая пружину, которая быстро отключает моментный нож. Ско-

рость расхождения контактов при выключении не зависит от скорости перемещения рукоятки и определяется усилием, развиваемым пружиной. Разрыв контактов происходит практически мгновенно, что способствует быстрому гашению дуги и сохраняет контактные поверхности от оплавления и подгара. При ремонте следует проверить срабатывание моментных ножей и заменить ослабленные пружины.

Качество ремонта и регулировки рубильников и переключателей проверяют 10–15-кратным включением и отключением. Аппарат после испытаний должен сохранить все параметры: плотность вхождения контактов, одновременность отключения всех ножей, затяжку крепежных деталей и т. д. Качество контактных соединений проверяют, измеряя падение напряжения между их контактами при прохождении через них постоянного тока, равного номинальному току аппарата.

Реостаты. Для пуска электродвигателей, регулировки их частоты вращения и тока возбуждения генераторов применяют реостаты с металлическими резисторами, воздушным или масляным охлаждением. Их обычио выполняют со ступенчатым изменением сопротивления.

Пусковые и регулировочные реостаты при капитальном ремонте полностью разбирают, очищают от пыли, грязи и копоти. Проверяют состояние резисторов, контактов, изолирующих деталей и механизмов управления. Окислившиеся контактные поверхности зачищают, нарушенные соединения восстанавливают, подтягивают резьбовые детали. В проволочных и ленточных резисторах (рис. 113) соседние витки не должны касаться друг друга. Поврежденные резисторы обычно заменяют новыми, сохраняя положение зажимных хомутиков, которые определяют ступени сопротивления. Проволочные и ленточные резисторы иногда ремонтируют, заменяя поврежденные витки с помощью сварки. Чугунные резисторы сваривать нельзя, их заменяют новыми.

Контакты реостатов промывают бензином, слегка обгоревшие зачищают напильником, а сильно оплавленные заменяют новыми. Контактное давление в подвижных контактах проверяют и восстанавливают. Поврежденные изоляционные детали (изоляторы, втулки, шайбы, прокладки и т. д.) заменяют новыми. Чтобы избежать заедания контактных щеток и подгорания контактов, неподвижные контакты регулировочного устройства устанавливают на одном уровне.

По окончании ремонта реостат собирают и регулируют, восстанавливая надписи на его крышке и кожухе. Далее проверяют целостность электрической цепи резисторов, правиль-

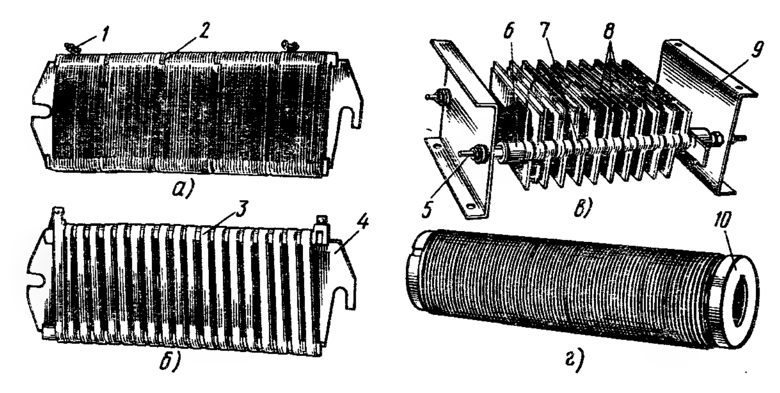


Рис. 113. Сопротивления (резисторы) реостатов:
а – рамочное из проволоки, *б* – рамочное из ленты, *в* – литое чугунное, *г* – каркасное; *1* – вывод, *2* – проволока сопротивления, *3* – лента сопротивления, *4* – рамка, *5* – изолированный стержень, *6* – изолятор пакета элементов, *7* – изоляционная межэлементная шайба, *8* – чугунные элементы сопротивления, *9* – опорная стойка, *10* – трубчатый каркас из фарфора

ность выполнения всех соединений в соответствии со схемой, надежность изоляции выводов, которые обычно изолируют фарфоровыми бусами или асбестом. У масляных реостатов очищают и промывают бачок и заполняют его свежим трансформаторным маслом.

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности встречаются в электрических аппаратах?
2. Как устроены плавкие предохранители и как производится их ремонт?
3. Как устроен электромагнитный контактор?
4. Каковы причины неисправностей контактора и способы их устранения?
5. Расскажите об устройстве теплового реле и работе магнитного пускателя.
6. Как производится ремонт рубильников и реостатов?

Глава VII
БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ

§ 47. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ И В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЯ

На территории предприятия надо быть особенно внимательным в местах движения транспортных средств, следить за звуковой и световой сигнализацией, точно выполнять все требования надписей и знаков, регламентирующих правила движения. При пересечении проезжей части дороги или железнодорожных путей надо пропускать движущийся транспорт. Запрещается ходить по железнодорожным путям. Нельзя пролезать под вагонами при кратковременных стоянках поездов. Неожиданное движение локомотива может привести к тяжелым последствиям.

Не следует проходить через узкие проходы возле автомашин, железнодорожных вагонов, подъемных кранов и других транспортно-подъемных механизмов. В этих местах можно получить тяжелое увечье.

В зоне действия подъемно-транспортных средств надо строго выполнять все указания запрещающих надписей, внимательно следить за сигнализацией при подъеме, перемещении и опускании грузов. Надо без промедления сходить с пути перемещения грузов. Нельзя стоять или пробегать под перемещаемым, поднимаемым или опускаемым грузом. Несчастный случай может произойти при внезапном рывке и падении груза. Особое внимание следует проявлять в местах, где производится переворачивание (кантовка) груза, что требует значительно свободной площади.

На территории завода возможны также различные электротравмы. На ней всегда находится большое количество электротехнических устройств: трансформаторов, выключателей, распределительных щитков, электрических машин, кабелей, возле которых следует вести себя очень внимательно. Металлические корпуса этих устройств могут оказаться под напряжением в результате увлажнения и пробоя электрической изоляции.

В цехах следует выполнять все изложенные выше правила безопасности. Кроме того, необходимо соблюдать дополнительные правила, вытекающие из особенностей производственного процесса в данном цехе. В цехе может произойти несчастный случай из-за неисправности электропроводки, захвата

одежды движущимися частями станков и механизмов, ожогов раскаленными каплями металла на участках пайки и сварки, поражения электрическим током при прикосновении к токопроводящим частям электрооборудования. Надо также быть особенно внимательным в зоне действия подъемно-транспортных средств, не заходить на испытательные станции и пульты без особого разрешения.

Каждый рабочий, поступающий на предприятие, обязательно должен пройти в отделе безопасности труда вводный инструктаж. Прохождение вводного инструктажа подтверждается контрольным листом, который сдается администрации цеха. Без предъявления контрольного листа ни один новый рабочий к работе в цехе не допускается.

Перед началом работы на рабочем месте каждый рабочий, в том числе и учащийся, должен пройти инструктаж независимо от опыта, стажа работы и знаний по безопасности труда, полученных ранее на занятиях и во время предыдущих инструктажей.

При переходе на новое рабочее место нельзя приступать к работе без дополнительного инструктажа по безопасности труда. В зависимости от категории опасности работ через определенные промежутки времени проводится также повторный периодический инструктаж. О прохождении инструктажа администрация в специальном журнале или карте делает пометку, которая подтверждается подписью рабочего и лица, проводившего инструктаж (обычно мастера производственного участка).

К работам по подъему и перемещению грузов кранами и другими механизмами допускаются лица, прошедшие специальное обучение.

§ 48. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Поражение человека электрическим током происходит при соприкосновении его с токопроводящими частями, оголенными проводами, а также металлическими нетокопроводящими частями электроустановок, которые могут оказаться под напряжением в результате пробоя электрической изоляции.

Опасность поражения электрическим током отличается тем, что человек не может дистанционно без специальных приборов обнаружить наличие напряжения.

Электрический ток, проходя через живые ткани, оказывает термическое, электрическое и биологическое воздействия. При прохождении через тело человека значительных (более 1 А) то-

ков возможны ожоги. Электрические знаки (метки тока) возникают при хорошем контакте с токопроводящими частями и представляют собой припухлость с затвердевшей кожей, резко очерченной белой или серой каймой по краям.

Электрометаллизация кожи – проникновение под ее поверхность частиц металла – происходит при горении дуги или электролизе в месте соприкосновения человека с токопроводящими частями. К электрическим травмам относят также поражение глаз в результате воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги и механические повреждения (ушибы, переломы) при падении с высоты из-за резких непроизвольных движений или потери сознания, вызванные действием тока.

Электрический удар (воздействие тока на нервную систему и мышцы) происходит обычно при токах до 1 А и напряжении до 1000 В. При ударе может возникнуть паралич пораженных органов. Паралич дыхательных мышц и мышц сердца может привести к смертельному исходу. Небольшие токи до 10 мА вызывают лишь неприятные ощущения; переменный ток 20–25 мА – паралич рук, при этом человек неспособен самостоятельно освободиться от тока; 50–100 мА приводит к остановке дыхания и сердца.

Ток, проходящий через тело человека, зависит не только от напряжения, но и сопротивления цепи. Если кожа рук человека сухая и мозолистая, одежда и обувь сухие, ноги стоят на резиновом коврике, сопротивление может оказаться таким большим (несколько сотен тысяч ом), что ток не окажет практически никакого воздействия на организм.

Опасность поражения электрическим током зависит от характера прикосновения человека к токопроводящим частям. Наиболее опасно двухполюсное прикосновение (одновременно к двум фазам), при котором человек оказывается под рабочим напряжением сети. При однополюсном прикосновении, которое нередко наблюдается в моменты случайного соприкосновения человека с одним из проводов сети, напряжение к человеку прикладывается почти в 2 раза меньше рабочего напряжения.

Для уменьшения опасности поражения электрическим током в электроустановках применяют малые напряжения. Однако этот метод широко не используется из-за высокой стоимости протяженных сетей малого напряжения. Поэтому область применения напряжений 12 и 36 В ограничивается ручным электрифицированным инструментом, ручными и станочными лампами, которые эксплуатируются в помещениях с повышенной опасностью (с токопроводящими полами, повышенной влажностью и т. п.). Чтобы исключить возможность опасного со-

прикосновения с изолированными токопроводящими частями, применяют ограждения и блокировки. Сетчатые ограждения с запирающимися дверьми используют в установках до 1000 В и выше.

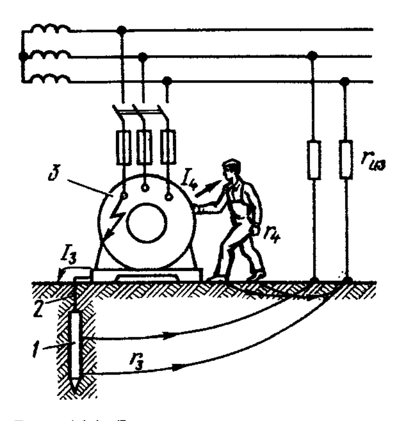


Рис. 114. Заземление корпуса электрической машины

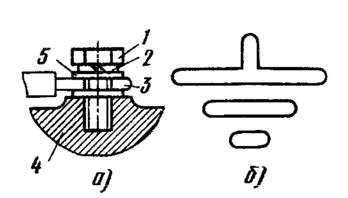
Различают электрические и механические блокировки. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливают в дверях ограждений, крышках и дверцах кожухов. При их открывании электроустановки отключаются. После закрывания дверей электроустановка не включается. Чтобы ее включить, необходимо нажать кнопку пуска. Этим исключается опасность попадания оператора под напряжение при его нахождении внутри ограды и случайном закрывании дверей. Механические блокировки применяют в электрических аппаратах.

Защитное заземление является основной мерой защиты при однополюсном прикосновении к металлическим частям, случайно оказавшимся под напряжением. С этой же целью применяют зануление и защитное отключение.

Заземляющее устройство состоит из заземлителей *1* (рис. 114), находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников *2*, соединяющих металлические части (корпуса) *3* электроустановок с заземлителями.

Человек, дотронувшись до заземленного корпуса при пробое изоляции, оказывается под напряжением. Чтобы снизить это напряжение до безопасного, устанавливают определенные требования к сопротивлению заземления $r_з$. В электроустановках напряжением до 1000 В оно не должно превышать 4 Ом. Как видно из рисунка, ток $I_з$ при пробое изоляции на корпус пройдет через заземлитель и далее через изоляцию «здоровых фаз» ($r_{из}$ – их сопротивление относительно земли) к источнику питания. Ток через человека $I_ч$ будет тем меньше, чем выше его сопротивление $r_ч$ и чем меньше сопротивление заземляющего устройства.

Корпуса электрооборудования с номинальными перемен-



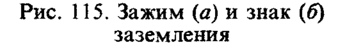


Рис. 115. Зажим (*а*) и знак (*б*) заземления

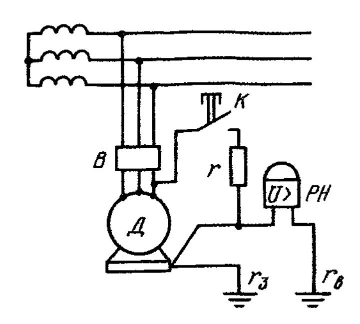


Рис. 116. Схема защитного отключения

ным напряжением выше 42 В и постоянным напряжением выше 110 В заземляют.

Все электрические машины выпускают с заземляющими зажимами. В двигателях серии 4А предусматриваются два зажима: один на корпусе и один во вводном устройстве. Двигатели с высотами оси вращения 50–63 мм могут иметь заземляющий зажим только во вводном устройстве.

Конструкция заземляющего зажима с болтом *1* представлена на рис. 115, *а*. Зажим снабжен устройством, препятствующим ослаблению контакта между корпусом *4* и заземляющим проводником *3*. Для этой цели устанавливают пружинную шайбу *2*, заостренные концы которой, врезаясь в головку винта и шайбу *5*, препятствуют отвинчиванию болта. Момент трения между шайбой и заземляющим проводником создается прижимом шайбы *5* за счет упругих свойств пружинной шайбы.

Для присоединения заземляющего проводника на корпусе вокруг болта расположена неокрашенная контактная площадка, которая защищена от коррозии. Болт изготовляют из коррозионностойкого металла или покрывают металлом, предохраняющим его от коррозии. Возле зажима помещают знак заземления (рис. 115, *б*).

Диаметр болта выбирается в зависимости от номинального тока электрической машины: при токе до 16 А диаметр должен быть не менее М4; выше 16 до 25 А – не менее М5, выше 25 до 100 А – не менее М6, выше 100 до 250 А – не менее М8 и т. д.

Двигатели серии 4А в тропическом исполнении имеют два зажима заземления на корпусе и один во вводном устройстве.

Занулением называется электрическое соединение с нулевым защитным проводником в трехфазовой сети металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напря-

жением. Замыкание фазы на корпус при таком соединении превращается в однофазовое короткое замыкание, т. е. замыкание между фазовым и нулевым проводами, при котором по проводам проходит ток, вызывающий перегорание плавких вставок или срабатывание автоматического выключателя. Установка отключается от сети. Нулевой провод соединяется с землей, поэтому при появлении напряжения на металлическом корпусе в первый момент до срабатывания защиты зануление действует так же, как и защитное заземление.

Защитное отключение получило наибольшее распространение в сетях напряжением до 1000 В, особенно для переносного ручного инструмента. Оно обеспечивает автоматическое отключение участка сети за время не более 0,2 с с момента замыкания. Защитное отключающее устройство состоит из прибора, например реле напряжения *РН* (рис. 116), реагирующего на изменение напряжения, и автоматического выключателя *В*. Реле напряжения включено между корпусом *Д* электрооборудования и вспомогательным заземлителем $r_в$. При замыкании фазы на корпус напряжение на нем окажется выше напряжения на дополнительном заземлителе $r_з$. Реле напряжения замкнет цепь отключающей катушки выключателя, что вызовет отключение поврежденного электроприемника. Кнопка *К* предназначена для контроля исправности схемы. Ее нажатием проверяют срабатывание защиты.

§ 49. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ

Работа с применением различных инструментов в процессе обработки металлов и других материалов может привести к серьезным травмам, если пренебречь мерами безопасности.

На слесарном участке необходимо выполнять следующие правила: устанавливать тиски на верстаке так, чтобы можно было занять удобное положение во время работы; при заточке инструмента пользоваться защитными очками или стеклом; рубку производить только остро отточенным инструментом, прочно закрепляя заготовку в тисках; при опиливании не ударять кольцом рукоятки напильника о деталь во избежание соскакивания рукоятки и ранения руки; не сдувать опилки ртом, чтобы не засорить глаза; не работать напильником без рукоятки или с расколотой рукояткой; не касаться опиливаемых поверхностей деталей, так как это вызывает проскальзывание напильника и может привести к травме; при пайке и сварке для

предохранения глаз от расплавленных частиц металла и светового излучения необходимо надевать защитные очки.

Слесарный верстак должен быть оборудован защитной сеткой, предохраняющей находящихся вблизи людей от отлетающих частиц металла.

Инструменты должны быть в исправном состоянии. Рукоятки молотков изготовляют только из бука, березы и других мелкослойных пород дерева. Мягкие или крупнослойные породы – сосну, ель, липу – применять для этой цели не разрешается.

Молоток считается непригодным для работы при ослаблении посадки рукоятки в отверстие, наличии сколов или трещин на рукоятке и наклепа на ударной части инструмента.

Затылочные части подбоек, зубил и других инструментов, по которым наносится удар молотком, не должны быть разбитыми или сколотыми. Напильники можно использовать только с деревянной или пластмассовой ручкой. Ручка со стороны посадочного отверстия должна быть заключена в металлическое кольцо. Гаечные ключи надо подбирать в соответствии с размерами гаек (головок болтов). Применение подкладок на грань гайки при использовании ключей запрещается. Увеличивать плечо ключа, применяя трубы или другие предметы, также не разрешается.

Слесарю часто приходится пользоваться сверлильным и заточным станками. При работе на станках нужно соблюдать следующие правила: нельзя приступать к работе без предварительного обучения и инструктажа; следует проверять исправность ограждений; длинные волосы нужно убирать под головной убор; длинные и широкие рукава – завязывать у кисти рук.

На сверлильном станке травма может быть нанесена стружкой или самой деталью, которая при слабом закреплении может прийти во вращательное движение. Деталь надо прочно закреплять в тисках. Мелкие детали удерживают ручными тисками (клещами).

Сверло из патрона можно вынимать лишь после полного останова станка. Перед пуском станка со стола надо удалить все лишние предметы и убедиться, что включение станка не угрожает окружающим. Сверло или зенкер нельзя слишком сильно прижимать к детали, так как это может привести к ее вырыву из тисков или поломке инструмента, осколки которого могут повредить глаза. Нельзя касаться рукой вращающегося сверла, удалять рукой стружку, охлаждать вращающееся сверло мокрой тряпкой, а также работать в рукавицах, так как они могут быть захвачены инструментом.

Особенно осторожного и внимательного отношения требует работа на заточном станке. Несоблюдение правил безопасности может привести к серьезным травмам в результате разрыва шлифовального круга, попадания в глаза отлетающих мелких частиц, захвата неогражденными вращающимися частями одежды.

Во время работы на заточном станке надо стоять сбоку, а не против круга. Деталь подводят к кругу плавно, без лишнего нажима.

§ 50. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Обслуживание электрических машин сопряжено с опасностью получения механических травм от вращающихся частей и поражения электрическим током. Все вращающиеся и токопроводящие части должны иметь ограждения. Шлифовку контактных колец или коллектора надо производить в защитных очках с помощью колодок из изоляционного материала, в прилегающей к телу одежде, рукава должны быть застегнуты у кистей. Не следует одновременно касаться токопроводящих и заземленных частей машины. Инструмент надо применять только с изолированными ручками.

Работа в цепи реостата вращающегося двигателя должна производиться с соблюдением мер предосторожности, как при работе под напряжением в установках до 1000 В. Цепь реостата должна быть замкнута накоротко.

После останова двигателя для ремонта без разборки на приводе выключателя вывешивается плакат «Не включать — работают люди!». Ручное включение и отключение машин напряжением выше 1000 В необходимо выполнять в диэлектрических перчатках и калошах или на коврике. После вывешивания плаката проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке сети.

В электроустановках переменного тока напряжением до 1000 В проверку удобно выполнять однополюсным указателем напряжения, который изготовляют в виде автоматической ручки с изолирующим корпусом *2* (рис. 117). Металлическим щупом *1* касаются проводника, палец руки кладут на металлический кон-

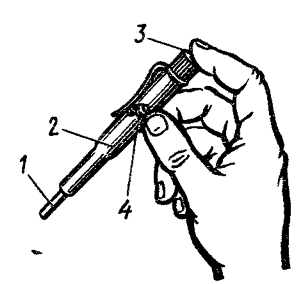


Рис. 117. Однополюсный указатель напряжения

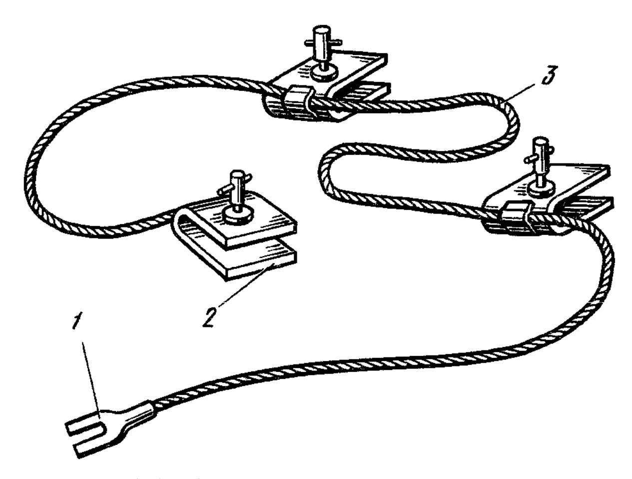


Рис. 118. Переносное заземление — закоротка:

1 — наконечник для присоединения к заземляющей шине, *2* — винтовой зажим, *3* — гибкий провод

такт *3*. Электрическая цепь замыкается через человека; при наличии напряжения загорается неоновая лампочка *4* внутри корпуса. Чтобы исключить ошибку при плохой проводимости пола, второй рукой касаются заземленного предмета.

Наличие напряжения в сети постоянного тока определяют двухполюсным указателем, который имеет два щупа и неоновую лампочку. Щупами касаются двух проводов. Этот указатель пригоден и для сети переменного тока. Использование контрольной лампы вместо указателя запрещается, так как при случайном включении на большее напряжение или ударе возможен взрыв ее колбы.

В оперативном журнале делается запись об отключении машины. Включение производят только после отметки в журнале об окончании работ с указанием сообщившего ответственного лица.

Отключенные двигатели насосов и вентиляторов могут неожиданно прийти в движение под напором воды или воздуха. В таких установках необходимо закрыть вентили или другое закрывающее устройство, запереть его на замок и вывесить плакат «Не открывать — работают люди!». Если трехфазовый двигатель отсоединен от сети, концы всех фаз питающего кабеля замыкают накоротко и заземляют переносным заземлением (рис. 118). Работа в пусковой аппаратуре допускается только при полном снятии напряжения.

Испытания изоляции повышенным напряжением и измерение ее сопротивления представляют особую опасность для электротехнического персонала и должны проводиться с соблюдением дополнительных мер безопасности. Эти контрольные операции должны проводиться бригадой в составе не менее двух человек, прошедших специальную подготовку. Корпуса и кожухи должны быть при испытании заземлены.

Сопротивление изоляции измеряют мегаомметрами на напряжение порядка 1000 или 2500 В. Прикосновение к зажимам самого мегаомметра не опасно из-за малой мощности его генератора и большого внутреннего сопротивления. Однако проверяемая электрическая цепь заряжается, и прикосновение к ней может оказаться опасным. Во время измерения нельзя прикасаться к проводникам обмотки, после измерения обмотку надо сразу разрядить на корпус.

§ 51. МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пожар – неконтролируемый процесс горения – может возникнуть там, где есть горючие вещества и источники тепловой энергии.

Горючими могут быть твердые вещества (уголь, нефть, древесина, бумага), жидкости (нефть, керосин, бензин, бензол) и газы (водород, метан, пропан и др.). Пожар может возникнуть в результате искрения или появления электрической дуги в электрических машинах и аппаратах, нагрева проводов токами перегрузки до температуры воспламенения изоляции, мест соединения проводников за счет большого переходного сопротивления контакта, неосторожного обращения с огнем при газосварочных и других работах, самовозгорания некоторых материалов и по другим причинам.

В производственных помещениях, на складах и открытых установках предусматривают средства для тушения пожаров. Применяют для тушения воду, водяной пар и специальные химические вещества. Вода – наиболее дешевое и распространенное средство, однако ее нельзя применять для тушения бензина, бензола, керосина и других легковоспламеняющихся жидкостей с малой плотностью, а также таких веществ, как карбид кальция или селитра, выделяющих при контакте с водой горючие вещества. Воду нельзя применять и для тушения электроустановок, находящихся под напряжением.

Водяной пар применяют в закрытых помещениях. Заполняя пространство, он понижает концентрацию кислорода и температуру горящего вещества. Его применяют для тушения обмо-

ток электрических машин и различных твердых и жидких веществ.

В электроустановках при тушении пожара принимают неотложные меры по их отключению. После ликвидации пожара установку включают только после очистки и проверки ее состояния.

Пожар даже при применении эффективных средств тушения приносит большие потери. Профилактика (предупреждение пожара) помогает сберечь народное достояние. Она сводится в основном к строгому соблюдению противопожарного режима на предприятии. В производственных помещениях необходимо соблюдать чистоту и порядок, не допускать захламления. Отходы материалов, тряпки, стружку, опилки надо регулярно убирать в специально отведенные места. Обтирочные материалы (ветошь) должны храниться в металлических ящиках с крышками. Ветошь, бывшая в употреблении, обладает способностью к самовозгоранию. Ее надо ежедневно удалять: сжигать или закапывать в землю.

Длительное хранение на рабочих местах огнеопасных легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объеме, превышающем разовую потребность, категорически запрещается.

Из химических средств огнетушения широкое применение получил диоксид углерода (CO_2). Образуя при быстром испарении снегообразную массу, он охлаждает горящее вещество и снижает концентрацию кислорода. Благодаря низкой электропроводности CO_2 может быть использован для тушения электроустановок, находящихся под напряжением.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основиые правила безопасности, которые надо выполиять на территории предприятия и в цехе.
2. Какие правила безопасности надо соблюдать при работе на сверлильном и заточном станках?
3. Как устроеио защитиое заземление?
4. Какие правила надо соблюдать при ремонте двигателя на месте установки?
5. Расскажите об осиовных средствах тушения пожаров.
6. Какие огнетушители можно использовать для тушения электроустановок, находящихся под напряжением?

Глава VIII

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

§ 52. СУЩНОСТЬ И РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Стандартизация – это плановая деятельность по установлению обязательных правил, норм и требований, выполнение которых обеспечивает качество продукции и повышение производительности общественного труда. Эта деятельность направлена также на повышение эффективности использования материальных ресурсов и соблюдение требований безопасности. Правила, нормы и требования к определенному объекту стандартизации устанавливаются специальным документом – стандартом, который утверждается компетентным органом. Государственные стандарты (ГОСТы) утверждаются Государственным комитетом СССР по стандартам.

Государственная система стандартизации (ГСС) определяет структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, порядок разработки и утверждения стандартов, а также порядок контроля за их соблюдением. Основные цели ГСС: усиление роли стандартизации в техническом прогрессе, повышение качества продукции и экономичности ее производства. Стандартизация обеспечивает также условия для развития специализации в народном хозяйстве, международного экономического сотрудничества, единства методов и средств измерений.

В нашей стране всеми работами по стандартизации и метрологии руководит Государственный комитет СССР по стандартам (Госстандарт СССР). В его ведении находятся научно-исследовательские институты, республиканские управления и центры метрологии и стандартизации, лаборатории государственного надзора за стандартизацией и измерительной техникой. Каждая отрасль народного хозяйства имеет свои службы стандартизации.

Государственная система стандартизации в зависимости от сферы действия предусматривает следующие категории стандартов: государственные (ГОСТ), республиканские (РСТ), отраслевые (ОСТ) и стандарты предприятий (СТП). Государственные стандарты являются обязательными для всех предприятий, организаций и учреждений страны. Стандарты предприятий (объединений) действуют только на предприятии (объединении), утвердившем данный стандарт, отраслевые стандарты используют все предприятия и организации данной отрасли (станкостроительной, автотракторной и т. д.).

Стандарт должен включать показатели качества, характеризующие изделие как с точки зрения изготовителя, так и с точки зрения потребителя.

Вопросы стандартизации играют важную роль при разработке современных серий электрических машин. Их номенклатура должна быть такой, чтобы полностью удовлетворить потребности всех отраслей народного хозяйства. Однако в разумных пределах она должна быть ограничена, чтобы на основе унификации сборочных единиц и деталей можно было организовать массовое их производство и внедрить прогрессивные технологические процессы с целью удешевления. Кроме того, ограничение номенклатуры облегчает задачи эксплуатирующих организаций: сокращается парк резервных машин и номенклатура запасных частей к ним.

ГОСТ 12139–74 устанавливает для машин постоянного и переменного тока ряд номинальных мощностей от 0,01 Вт до 10000 кВт. Основной ряд включает 63 значения мощности. В технически обоснованных случаях (для генераторов электроагрегатов, электростанций и т. д.) допускается применение еще 26 значений. Номинальные частоты вращения электрических машин общего назначения определены ГОСТ 10683–73. На генераторы и двигатели постоянного тока установлен диапазон от 25 до 60000 об/мин (30 значений частоты вращения), на синхронные генераторы и двигатели при частоте переменного тока 50 Гц – от 125 до 3000 об/мин (15 значений), на асинхронные двигатели при частоте 50 Гц – от 100 до 3000 об/мин (14 значений). Государственные стандарты устанавливают также связь между высотой оси вращения и установочными размерами, общие методы испытаний и для отдельных типов машин, требования к исполнению машин для различных климатических районов и т. д.

§ 53. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА В СССР

Качество изделия определяется качеством использованных в нем материалов, точностью соблюдения технологических режимов изготовления деталей и сборочных единиц, качеством сборки. Для соблюдения всех этих требований необходима измерительная техника.

При осуществлении измерений необходимо обеспечить их единство и достоверность, что достигается результатами измерений, выраженными в узаконенных единицах, применением приборов и мер определенного класса точности. Единство и правильность измерений в нашей стране обеспечивается ме-

трологической службой, возглавляемой Государственным комитетом стандартов СССР. Метрологическая служба представляет собой разветвленную сеть органов, в которую входят 18 научно-исследовательских метрологических институтов, 15 республиканских управлений Госстандарта СССР, более 20 республиканских центров метрологии и стандартизации, около 40 лабораторий государственного надзора за стандартами.

Научно-исследовательские метрологические институты создают и хранят государственные эталоны единиц, разрабатывают новые и повышают точность существующих методов измерений, осуществляют метрологические связи с зарубежными метрологическими организациями. Органы государственной метрологической службы имеют право изымать из обращения непригодные к применению средства измерения, контролировать качество их изготовления и ремонта, запрещать выпуск средств измерений, не соответствующих требованиям стандартов и техническим условиям.

Порядок метрологического контроля устанавливает ГОСТ 8.002–71, который предусматривает поверку средств измерения, метрологическую ревизию и метрологическую экспертизу.

Периодичность поверки приборов зависит от их класса точности, а также от того, насколько важно в тех или иных случаях обеспечение правильности показаний приборов. Так, например, образцовые счетчики подвергают государственной поверке каждый год, трехфазовые – 1 раз в два года, а однофазовые бытовые – 1 раз в пять лет. Щитовые, а также лабораторные и переносные образцовые приборы всех классов проверяют органы ведомственного контроля данного предприятия или объединения.

§ 54. КОНСТРУКТОРСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Изделием называют любой предмет (деталь, сборочная единица) или набор предметов (комплекс, комплект), подлежащих изготовлению на предприятии.

Порядок разработки и оформления конструкторской документации устанавливает целый комплекс Государственных стандартов – Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

ГОСТ 2.102–68 устанавливает следующие виды конструкторских документов: чертеж детали, общего вида, сборочный и габаритный чертежи, схему, спецификацию, ведомость покупных изделий, ТУ, программу испытаний и др.

Чертеж детали содержит изображение и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Чертеж общего вида показывает конструкцию изделия, взаимодействие составных частей и поясняет принцип его работы. На габаритном чертеже приводят контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

На сборочном чертеже изображают сборочную единицу, а также приводят все данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Спецификация определяет состав сборочной единицы.

Габаритные чертежи не предназначаются для изготовления по ним изделия; установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки с другими изделиями, указываются на чертеже с предельными отклонениями.

Схемой называют документ, на котором в виде условных обозначений показаны составные части изделия и связи между ними. Ведомость покупных изделий содержит их перечень.

Технические условия содержат требования к изделию, его изготовления, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

Программа и методика испытаний – документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделия, а также порядок и методы их контроля.

Эксплуатационные и ремонтные документы предназначены для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия.

Технические условия (ТУ) являются неотъемлемой частью комплекта технической документации на продукцию (изделия, материал, вещество и т. п.), на которую они распространяются. При отсутствии конструкторской или другой технической документации на данную продукцию ТУ должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю, приемке и поставке.

§ 55. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ВИДЫ ДЕФЕКТОВ

Качество продукции – это ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Требования к продукции находят свое выражение в стандартах

и ТУ, устанавливаемых государством. Эти требования обязательны не только для производителей, но и для потребителей. Потребители обязаны применять продукцию в соответствии с ее назначением и обеспечивать правильное ее обслуживание. Только при этом условии она способна выполнять свои функции. Таким образом, понятие качества сводится к тому, что изделие должно соответствовать требованиям, установленным ТУ, стандартами и конструкторской документацией.

Количественная оценка свойств продукции, составляющих ее качество, производится с помощью показателей, характеризующих пригодность продукции удовлетворять определенные потребности. Показатели могут выражаться в различных единицах. Например, изоляция обмоток электрических машин, аппаратов, приборов должна выдерживать без повреждения испытательное напряжение, значительно превышающее рабочее напряжение изделия. Испытательное напряжение выражается в вольтах. Это требование обеспечивает безопасную эксплуатацию электротехнических устройств. Все электрические машины в соответствии с ГОСТ 183–74 должны без повреждений и остаточных деформаций выдерживать в течение 2 мин повышение частоты вращения не менее чем на 20%.

ГОСТ 15467–79 устанавливает применяемые в науке и технике термины и определения основных понятий в области управления качеством продукции. Даются точные определения терминам: качество продукции, показатель качества продукции, годная продукция, дефект, брак и т. д. Приведены также термины, относящиеся к методам определения качества продукции.

Годной называется продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям. Каждое отдельное несоответствие установленным требованиям считается дефектом, а изделие, имеющее хотя бы один дефект – дефектным. Примерами дефектов могут быть: выход размера детали за пределы допуска, неправильная сборка или регулировка аппарата, царапины на защитном покрытии изделия, наличие заусенцев на резьбе.

Различают несколько видов дефектов: явный и скрытый, значительный и малозначительный, устранимый и неустранимый. Под явным понимают дефект, для выявления которого в документации предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. Скрытые дефекты обычно выявляются после поступления продукции к потребителю или при дополнительных проверках. Значительным называется дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению или на ее долговечность. Неустранимым называется де-

фект, устранение которого практически невозможно или экономически нецелесообразно. Один и тот же дефект может быть отнесен к устранимым или неустранимым в зависимости от того, обнаружен он на ранних или на заключительных этапах технологического процесса производства или ремонта продукции.

Продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов, называется браком. Брак может быть исправимым и неисправимым в зависимости от наличия в продукции устранимых или неустранимых дефектов.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о Государственной системе стандартизации и ее роли в техническом прогрессе.
2. Какие задачи решает метрологическая служба?
3. Перечислите основные виды конструкторских документов и расскажите об их содержании.
4. Каким образом стандартизация влияет на качество продукции?

ЛИТЕРАТУРА

Атабеков В. Б. Ремонт электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1979.

Деро А. Р. Неполадки в работе асинхронного двигателя. – Л.: Энергия, 1976.

Гемке Р. К. Неисправности электрических машин. – Л.: Энергия, 1975.

Комолов В. Г., Файб С. И., Алексеев А. А. Ремонт электрических машин. – М.: Транспорт, 1975.

Новодворец Л. А. Проверка, регулировка, настройка контакторов переменного тока. – М.: Энергия, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ